



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

“Disminución del contenido de la  $DBO_5$  y la DQO mediante coagulantes naturales (*Aloe Vera L.* y *Opuntia ficus indica*) en las aguas del canal de regadío E-8 Chuquitanta – San Martín de Porres”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTOR:**

**RAZURI MALQUI, KRISS ESTEFANY**

**ASESORA:**

**Mag. Ing. CABELLO TORRES, RITA JAQUELINE**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**Tratamiento y Gestión de los residuos**

**LIMA – PERÚ**

**2017 – 1**

**TESIS:**

“Disminución del contenido de la DBO<sub>5</sub> y la DQO mediante coagulantes naturales (*Aloe Vera L.* y *Opuntia ficus indica*) en las aguas del canal de regadío E-8 Chuquitanta – San Martín de Porres”

**AUTOR:**

Razuri Malqui Kriss Estefany

**JURADO 1:**

-----

**JURADO 2:**

-----

**JURADO 3:**

-----

## **Dedicatoria**

Dedico mi tesis con todo mi amor a mi amada mamá por su gran esfuerzo, por creer en mí y darme la fuerza para seguir adelante.

A mis queridos hermanos Joselito y Greta por ayudarme en este camino y criarme con mucho amor cuidándome siempre.

A mi adorada pequeña Ana Paula por sus palabras de aliento.

A Andy y Nelson por su gran apoyo.

### **Agradecimiento**

Le doy gracias a Dios por todas las bendiciones recibidas, por haber puesto en mi camino académico a maravillosas personas.

A la Universidad Cesar Vallejo mi alma mater por recibirme como alumna para poder estudiar mi carrera.

Mi agradecimiento a la Mag. Ing. Rita Jaqueline Cabello Torres mi asesora de tesis, quien sabe inspirar el amor por la investigación y me brindo sus conocimientos con mucha paciencia.

Agradezco al Qco. Alexander Quintana Paetan, por su gran ayuda y conocimientos brindados muy importantes para el desarrollo de mi investigación.

## **Declaración jurada de autenticidad**

Yo, Kriss Estefany Razuri Malqui identificada con DNI N°72762543, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de grados y títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniera, Escuela de ingeniería ambiental, me presento con la tesis titulada “Disminución del contenido de la DBO<sub>5</sub> y la DQO mediante coagulantes naturales (*Aloe Vera L.* y *Opuntia ficus indica*) en las aguas del canal de regadío E-8 Chuquitanta – San Martín de Porres”

Declaro bajo juramento que:

La tesis es de mi auditoria y que toda la documentación, datos e información que acompaño es veraz y autentica.

Por lo que asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto en los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Lima, 19 de julio del 2017.

.....

Kriss Estefany Razuri Malqui

DNI 72762543

## **Presentación**

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento a las normas establecidas en la universidad Cesar Vallejo para obtener el Título profesional de Ingeniero Ambiental, pongo a su disposición la tesis titulada “Disminución del contenido de la  $DBO_5$  y la DQO mediante coagulantes naturales (*Aloe Vera L.* y *Opuntia ficus indica*) en las aguas del canal de regadío E-8 Chuquitanta – San Martín de Porres”, la misma que someto a vuestra consideración y espero cumpla con los requisitos de aprobación.

El investigador

## ÍNDICE

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Declaración jurada de autenticidad .....	iv
Presentación .....	v
<b>RESUMEN</b> .....	xi
<b>ABSTRACT</b> .....	xii
<b>1.1 Realidad Problemática</b> .....	2
<b>1.2 Trabajos Previos</b> .....	4
<b>1.3 Teorías relacionadas al tema</b> .....	7
<b>1.4 Formulación del problema</b> .....	18
<b>1.5 Justificación del estudio</b> .....	18
<b>1.6 Hipótesis</b> .....	19
<b>1.7. Objetivos</b> .....	20
<b>II. METODO</b> .....	22
<b>2.1 Diseño de investigación</b> .....	22
<b>2.3 Población y muestra</b> .....	47
<b>2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad</b> .....	49
<b>2.6 Métodos de análisis de datos</b> .....	50
<b>2.7 Aspectos éticos</b> .....	50
<b>ANEXOS</b> .....	89
<b>ANEXO N°1 Matriz de Consistencia metodológica</b> .....	90
<b>ANEXO N°2 Constancia de Taxonomía de Opuntia ficus indica (L).</b> .....	91
<b>ANEXO N°3 Constancia de Taxonomía de Aloe Vera (L) Burn.</b> .....	92

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resultados de análisis fisicoquímicos del río Chillón E-08 .....	7
Tabla 2 Parámetros y valores consolidados - Categoría 3: D1.....	10
Tabla 3 Taxonomía de la Opuntia ficus indica .....	14
Tabla 4 Taxonomía del Aloe Vera L. ....	16
Tabla 5 Cadena de custodia .....	23
Tabla 6 Etapas del proceso de obtención del coagulante .....	25
Tabla 7 Factores de control para Test de Jarras .....	30
Tabla 8 Registro de datos iniciales .....	44
Tabla 9 Registro de resultados de análisis finales.....	46
Tabla 10 Población y muestra de la investigación.....	48
Tabla 11 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	49
Tabla 12 Prueba t-student para HGT .....	52
Tabla 13 Prueba t-student para HGD.....	53
Tabla 14 Prueba ANOVA para HE1.....	54
Tabla 15 Prueba ANOVA para HE2.....	55
Tabla 16 Medias DBO5 (dosis 600 mg/l vs. Tratamientos) .....	55
Tabla 17 Comparación de Tukey DBO5 (dosis 600 mg/l vs. Tratamientos) .....	55
Tabla 18 Pruebas Simultáneas de Tukey para Diferencias de Medias DBO5 (dosis 600 mg/l vs. tratamientos).....	56
Tabla 19 Medias DBO5 (dosis 700 mg/l vs. Tratamientos) .....	56
Tabla 20 Comparación de Tukey DBO5 (dosis 700 mg/l vs. Tratamientos) .....	56
Tabla 21 Pruebas Simultáneas de Tukey para Diferencias de Medias DBO6 (dosis 700 mg/l vs. tratamientos).....	56
Tabla 22 Medias DBO5 (dosis 800 mg/l vs. Tratamientos .....	56
Tabla 23 Comparación de Tukey DBO5 (dosis 800 mg/l vs. Tratamientos) .....	56



Tabla 24 Pruebas Simultáneas de Tukey para Diferencias de Medias DBO5 (dosis 800 mg/l vs. tratamientos).....	57
Tabla 25 Prueba Tukey para HE3.....	57
Tabla 26 Prueba t-student para HGT .....	63
Tabla 27 Prueba t-student para HGD.....	64
Tabla 28 Prueba ANOVA para HE1.....	65
Tabla 29 Prueba ANOVA para HE2.....	66
Tabla 30 Medias DQO (dosis 600 mg/l vs. Tratamientos .....	66
Tabla 31 Comparación de Tukey DQO (dosis 600 mg/l vs. Tratamientos).....	66
Tabla 32 Pruebas Simultáneas de Tukey para Diferencias de Medias DQO (dosis 600 mg/l vs. tratamientos).....	67
Tabla 33 Medias DQO (dosis 700 mg/l vs. Tratamientos .....	67
Tabla 34 Comparación de Tukey DQO (dosis 700 mg/l vs. Tratamientos).....	67
Tabla 35 Pruebas Simultáneas de Tukey para Diferencias de Medias DQO (dosis 700 mg/l vs. tratamientos).....	67
Tabla 36 Medias DQO (dosis 800 mg/l vs. Tratamientos .....	67
Tabla 37 Comparación de Tukey DQO (dosis 800 mg/l vs. Tratamientos).....	67
Tabla 38 Pruebas Simultáneas de Tukey para Diferencias de Medias DQO (dosis 800 mg/l vs. tratamientos).....	68
Tabla 39 Prueba Tukey para HE3.....	68

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de localización del canal de regadío E-08.....	8
Figura 2 Mapa de delimitación del canal de regadío E-08 – Chuquitanta S.M.P. ....	8
Figura 3 Canal de regadío E-08 – Chuquitanta S.M.P.....	9
Figura 4 Mapa de estación de monitoreo río Chillón .....	9
Figura 5 Doble capa de una partícula coloidal .....	11
Figura 6 Fenómeno de la coagulación .....	11
Figura 7 Coagulación por adsorción y puente .....	12
Figura 8 Estructura química del polisacárido (ácido poligalacturónico) .....	14
Figura 9 Fotografía de la Opuntia ficus-indica.....	14
Figura 10 Estructura química del polisacárido (acemanano) .....	15
Figura 11 Fotografía del Aloe Vera L.....	16
Figura 12 Canal de regadío E-8 Chuquitanta S.M.P. ....	23
Figura 13 Toma de muestra en el Canal de regadío E-8 Chuquitanta S.M.P.....	24
Figura 14 Homogenización de la muestra .....	24
Figura 15 Obtención de coagulante Opuntia ficus indica .....	25
Figura 16 Obtención de coagulante de Aloe Vera L.....	26
Figura 17 Coagulante Natural cortado .....	26
Figura 18 Equipo de liofilizado.....	27
Figura 19 Coagulante natural liofilizado .....	28
Figura 20 Proceso de molienda.....	28
Figura 21 Molienda de Aloe Vera L. y Opuntia ficus indica .....	29
Figura 22 Proceso de tamizado.....	29
Figura 23 Tamizado de Aloe Vera L. y Opuntia ficus indica.....	30
Figura 24 Diseño pre – experimental.....	31
Figura 25 Tratamiento 1, 2 y 3 en dosis de 600mg/l .....	32
Figura 26 Tratamiento 1, 2 y 3 en dosis de 700mg/l .....	32
Figura 27 Tratamiento 1, 2 y 3 en dosis de 800mg/l .....	33

Figura 28 Elaboración de reactivos para DBO5 y DQO.....	38
Figura 29 Reactivos para DBO5 .....	39
Figura 30 Reactivos para DQO .....	39
Figura 31 Muestras sembradas.....	40
Figura 32 Incubación de muestra para prueba de la DBO5 .....	40
Figura 33 Muestras con reactivo 1, 2 y H2SO4 para DBO5.....	41
Figura 34 Titulación para determinar la DBO5.....	41
Figura 35 Siembra de patrones y muestras para determinar DQO .....	42
Figura 36 Patrones y muestras en el digestador .....	42
Figura 37 Centrifugado de patrones y muestras.....	43
Figura 38 Prueba de espectrofotometría para determinar DQO.....	43
Figura 39 Normalidades de los residuales de la DBO5 por tratamiento.....	59
Figura 40 Homocedasticidad de la DBO5 por tratamiento .....	60
Figura 41 Normalidades de los residuales de la DBO5 por dosis .....	61
Figura 42 Homocedasticidad de la DBO5 por dosis.....	62
Figura 43 Normalidades de los residuales de la DQO por tratamiento.....	70
Figura 44 Homocedasticidad de la DQO por tratamiento .....	71
Figura 45 Normalidades de los residuales de la DQO por dosis .....	72
Figura 46 Homocedasticidad de la DQO por dosis .....	74

## RESUMEN

La investigación se desarrolló bajo un diseño experimental, en el que se buscó la solución a la problemática existente en las aguas del canal de regadío E-8 Chuquitanta en el distrito de San Martín de Porres. Estas aguas se caracterizan por tener alto contenido de materia orgánica, que puede ser evidenciada en los altos niveles de la DBO<sub>5</sub> y la DQO. Mediante los coagulantes naturales extraídos del *Aloe Vera L.* y *Opuntia ficus indica* se realizaron tres tratamientos (*Aloe Vera L.*, *Opuntia ficus indica* y *Aloe Vera L.+ Opuntia ficus indica*) a tres concentración de dosis de coagulante (600, 700 y 800 mg/l), el estudio se realizó a nivel de laboratorio para la disminución de la DBO<sub>5</sub> y la DQO. Se determinó que los coagulantes naturales reducen el contenido de la DBO<sub>5</sub> y la DQO tanto en la aplicación de los tratamientos como en las dosis variando los valores finales con respecto a los iniciales. El tratamiento y la dosis que permiten mayor eficiencia de disminución de la DBO<sub>5</sub> y la DQO es el *Aloe Vera L.+ Opuntia ficus indica* con 800 mg/l de coagulante natural reduciendo un 80.64% y 90.11% respectivamente.

Palabras claves: Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), Demanda química de oxígeno (DQO), coagulantes, floculantes.

## **ABSTRACT**

The research was developed under an experimental design, in which it sought the solution to the problems existing in the waters of the irrigation channel E-8 Chuquitanta in the district of San Martín de Porres. These waters are characterized by a high content of organic matter, which can be evidenced in the high levels of BOD5 and COD. (Aloe Vera L., *Opuntia ficus indica* and Aloe Vera L. + *Opuntia ficus indica*) at three concentrations of coagulant doses (600, 700 and 800) Mg / l), the study was performed at a laboratory level for the decrease of BOD5 and COD. It was determined that the natural coagulants reduce the content of BOD5 and COD both in the application of the treatments and in the dose varying the final values with respect to the initial ones. The treatment and the dose that have greater efficiency of the decrease of BOD5 and COD is the Aloe Vera L. + *Opuntia ficus indica* with 800 mg / l of natural coagulant reducing 80.64% and 90.11% respectively.

Key words: Biochemical oxygen demand (BOD5), Chemical oxygen demand (COD), coagulants, flocculants.

**CAPITULO I**  
**INTRODUCCIÓN**

## **1.1 Realidad Problemática**

El agua es un recurso esencial para la vida y el desarrollo económico, social, ambiental y tecnológico de las comunidades. No obstante podemos apreciar que la calidad de este recurso hídrico a lo largo del tiempo se ha visto afectada por el ejercicio del hombre que indiscriminadamente ha contaminado su fuente vital de vida, el cual frente a esta necesidad primaria se ve en la obligación de utilizarla.

El río Chillón está considerado como una de las cuencas más importantes en la ciudad de Lima puesto que abastece a la zona norte con agua para el consumo humano, agrícola e industrial. Por otro lado la población, las industrias informales y otras actividades económicas que se desarrollan en el lugar utilizan el río como cuerpo receptor de residuos sólidos y efluentes domésticos e industriales acarreando problemas de contaminación desde la cuenca media y en particular en la cuenca baja por los problemas socioeconómicos que allí se presentan, lo cual causa el deterioro del río.

La actividad agrícola que se desempeña en la zona es muy intensa y con riego permanente, llegando a realizar hasta tres campañas de siembra y cosecha en un mismo año. Este centro de producción de alimentos se caracteriza por cultivar más 20 variedades de hortalizas con lo que abastecen a gran parte de la población Limeña, por lo que los agricultores se ven forzados a utilizar este recurso hídrico contaminado, sin embargo existe una gran problemática con el agua que se emplea para el riego de los sembríos puesto que estas sin tratamiento alguno son encausadas desde el río Chillón al canal de regadío ubicado en el Distrito de San Martín de Porres en la Estación N° 08 Chuquitanta (S 11°57'0.3744'' W 77°5'44.3508''), poniendo en riesgo a la salud de los consumidor y agricultores por la generación de enfermedad gastrointestinales y al medio ambiente por la degradación de la calidad del agua y el suelo.

Las aguas del canal de regadío Estación N° 08 Chuquitanta ubicado en el Distrito de San Martín de Porres exceden el Estándar de Calidad Ambiental (ECA), esto se ha evidenciado en el estudio realizado por DIGESA (2010) "Vigilancia y Monitoreo de los Recursos Hídricos" que muestra un valor de la Demanda Bioquímica de Oxígeno de 72.30 ppm, lo cual excede el valor de 15 mg/l

dispuesto en el ECA para categoría 3: D1: aguas que son utilizadas para el riego de plantas de porte herbáceo y poca longitud de tallo, y árboles forestales, frutales y otros (D.S. 004-2017-MINAM). En el mes de Mayo 2017, se desarrolló un muestreo del agua del canal de regadío indicando una concentración de 65.4 para  $\text{DBO}_5$  y 833.04 para DQO, confirmando los datos publicados por DIGESA (2010) Esto significa una oferta limitada de la calidad del agua, asociado a una pobre sensibilización de la población con respecto a su cuidado.

En Perú se produce aproximadamente 2 217 946  $\text{m}^3$  de aguas residuales por día descargadas a la red de alcantarillado de las EPS de saneamiento, el 32% de estas recibe tratamiento. En Lima se genera aproximadamente 1 202 286  $\text{m}^3$  por día de aguas residuales descargadas a la red de alcantarillado de las EPS Saneamiento, solo el 20,5% de estas recibe tratamiento. De igual manera las EPS de saneamiento que brindan el servicio de alcantarillado, solo se brinda cobertura al 69,65% de la población urbana en el Perú. La población que no cuenta con servicio de alcantarillado vierte directamente sus aguas residuales sin tratamiento al mar, ríos, lagos, quebradas o, las emplean para el riego de cultivos. (OEFA 2014) Las Plantas de Tratamiento de aguas residuales (PTAR) no se abastecen para cumplir con el desarrollo de su función, esto lo demuestran los datos indicados por SUNNAS (2008) en el estudio “Diagnóstico Situacional de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales en las EPS del Perú y Propuestas de Solución”, solo 03 PTAR para riego agrícola de 61 cuentan con autorización sanitaria para descargar a los ríos, así mismo de las 143 PTAR construidas son pocas las que se encuentran en funcionamiento, lo cual se reafirma en 2015 en el documento “Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento”, donde mencionan que actualmente de la cobertura del tratamiento de aguas residuales 253 localidades del ámbito de las EPS, 89 no cuentan con tratamiento de aguas residuales, por lo que un total de 298.000 metros cúbicos por día de agua residual cruda de estas localidades se vierte directamente a los ríos, además también manifiestan que de la distribución de PTAR en la EPS, 16 EPS no cuentan con PTAR en funcionamiento ni en construcción en su área de



servicio y 5 EPS cuentan con PTAR en construcción, pero ninguna PTAR en funcionamiento.

El objetivo de la investigación es brindar conocimientos sobre la aplicación de coagulantes naturales que permita darle tratamiento a esta agua contaminada, con la finalidad de disminuir la carga orgánica para ser utilizadas en los centros agrícolas de zonas donde no se cuente con una PTAR o que en su defecto no se abastezcan para desarrollar su función. Lo innovador de esta investigación es la aplicación de especies vegetales, es decir el uso de coagulantes naturales para la disminución de la DBO5 y la DQO sin requerir productos químicos en el proceso de tratamiento, en este sentido se determina la eficiencia de los coagulantes naturales (*Aloe Vera L.* y *Opuntia ficus indica*) para la disminución de la DBO5 y DQO.

## 1.2 Trabajos Previos

**PARRA Y.** (2011) investigó el uso de la especie vegetal *Opuntia wentiana* (Britton & Rose) para la clarificación de las aguas con alta turbidez inicial de 100, 120, 160, 180 y 200 NTU obtenida de la planta de tratamiento de Pueblo Viejo Venezuela logrando definir que la dosis optima es de 600 y 700 ppm de coagulante natural alcanzando una remoción de turbidez entre 91,82 y 98,34%, concluyendo que el coagulante extraído de *Opuntia wentiana* (Britton & Rose) tiene gran capacidad para la clarificación del agua. Asimismo **NIRMALA C.** (2012) en su estudio aplicó un coagulante en forma de polvo de Cactus, en dosis de 30 mg/l a una concentración de turbidez de 17 NTU, obteniendo como resultado, 1NTU que es menor de 5 NTU valor recomendado por la OMS. Ese mismo año **FUENTES L.** (2012) a través de su estudio determinó la efectividad de la especie *Opuntia cochinellifera* como coagulante natural en aguas con una turbidez de 20, 40, 69 y 80 NTU, con aplicaciones de dosis de 4500, 8000, 8000 y 6000 ppm respectivamente, logrando remover hasta el 86,10 - 93,90% luego del procesos de filtración, por lo que se concluye que la tuna *Opuntia cochinellifera* es un coagulante natural efectivo y una alternativa primaria para el tratamiento en plantas de agua, cabe mencionar que las especies mencionadas en las investigaciones pertenecen a la misma familia de una de la especies en estudio. De igual modo **OLIVERO R.** (2013) evaluó la capacidad de la *Opuntia* y alumbre,

mediante una agitación de 100 y 200 rpm y con concertaciones de 35 y 40 mg/. Logrando remover con sulfato de aluminio el 99,88% y con *Opuntia* un 93.25%, concluyendo que la especie *Opuntia ficus-indica* si tiene capacidad de remoción de la turbidez del agua de río Magdalena. Además también **VILLABONA A.** (2013) analizó la remoción de turbidez en aguas crudas de las comunidades rurales de la Costa Atlántica - Colombiana con alta turbidez inicial utilizando la *Opuntia ficus-indica* como coagulante tras un proceso de corte, pelado, secado, molienda, tamizado y despigmentación, de lo cual obtuvo una remoción de un 50% de color y 70%, y que significativamente no altera su pH.

Por otro lado **KOPYTKO M.** (2014) estudió la relación entre el Aloe Vera y el sulfato de aluminio añadiendo la mezcla de ambos en las aguas de Palmichada Colombia, lo cual produjo una reducción del 20% de la dosis de la sustancia química, obteniendo una disminución de la turbidez del 96%. Así mismo el residuo generado no necesita tratamiento ni hace cambio en el sabor del agua. Además se diseñó y calculo una pequeña planta de tratamiento obteniendo los siguientes datos: Agua con Turbidez de nivel medio (45,5 NTU) requirió 56mg/l de alumbre con 5mg/l de mezcla de *Aloe Vera* como coagulación, en agua con una turbidez de alto nivel (101 NTU) requirió 24mg/l de alumbre con 14mg/l de mezcla de *Aloe Vera* como coagulación con el objetivo de eliminar una turbidez superior al 90%. Cosa parecida sucedió en el ensayo realizado por **MENDOZA I.** (2014) quien determino la eficiencia de una sustancia homogénea y viscosa llamada “gel A” obtenida del Aloe Vera en la planta de Pueblo Viejo Venezuela con una turbidez de 50, 60, 70 y 80 UNT, luego de aplicar las dosis de 8000 ppm, 7500, 8500 y 8500 respectivamente, concluyendo finalmente que tras el proceso de filtración se logró una remoción de 4,7-5,1 UNT (90,35%- 93,89%), es decir que el “gel A” obtenida del Aloe Vera puede ser utilizado como un coadyuvante para tratar el agua. Unos años después **NOUGBODE A.** (2016) muestra que el uso Aloe Vera obtuvo gran eficiencia en la eliminación de Sólidos Suspendidos (160-170) y Turbidez (185-200NTU) hasta un 91% y 72% respectivamente, por tal motivo, concluye que el uso de la especie vegetal funciona como un buen floculante dentro del proceso de coagulación.

Cabe señalar que Perú no ha sido ajeno a las investigaciones sobre el uso de especies vegetales en el tratamiento de agua, esto se evidencia con la investigación de **PACORA L.** (2011) que determinó una dosis optima de la *Opuntia ficus indica* de 350 y 300 ppm para la purificación de las aguas superficiales de las acequias del poblado de Miraflores – Distrito de Santa Rosa – Provincia de Pallasca, Ancash. Así mismo **POMPILIO C.** (2013) evaluó a tres especies de *Opuntia* en las aguas del río Santa – Huaraz, logrando la remoción de Solidos Totales de 13.2 % con *O. imbricala*, 12.5 con *O. ficus* y 8.6% con *O. microdasys*, además muestra que la mejor eficiencia para remoción de turbidez se obtuvo con *Opuntia ficus* con un valor del 75.4 %. Durante el mismo año **APAZA H.** (2013) presentó su investigación en la que desarrolla un sistema de tratamiento para la clarificación de aguas de uso agrícola provenientes del río Chili – Arequipa mediante el uso de nopal (*Opuntia ficus indica*), los análisis luego de aplicar el sistema de tratamiento muestran que el extracto de nopal es realmente efectivo para la remoción de coliformes fecales y totales pasando de una concentración inicial de 49,000 y 130,000 NMP/100ml, hasta una concentración final de 2,500 NMP/100ml y 3,700 NMP/100ml respectivamente; en cuanto a la evaluación para la DBO y la DQO se logró un reducción de 159mg/l a 118 mg/l y de 104 mg/l a 39 mg/l, respectivamente.

Por otra parte en cuanto a estudios realizados a las aguas de la zona en estudio se tiene la evaluación dirigida por DIGESA en los años 2008, 2009, 2010 en la E-08, distrito de San Martín de Porres que claramente muestra que no existe una constante evaluación y monitoreo de los recursos hídricos, además de que la DBO<sub>5</sub> se encuentra por encima del valor dispuesto en el ECA.

**Tabla 1** Resultados de análisis fisicoquímicos del río Chillón E-08

PARAMETROS	ESTACIÓN 08			ECA – C3: D1 D.S.004-2017- MINAM
	2008	2009	2010	
pH	6,57	6,91	7,90	6,5 – 8,5
Temperatura °C	22,3	21,6	22,8	Δ 3°C
DBO <sub>5</sub> ppm	34,80	26,60	72,30	15 mg/L

Fuente: DIGESA (2008,2009 y 2010)

### 1.3 Teorías relacionadas al tema

#### 1.3.1 Agua del río Chillón y el canal de regadío Chuquitanta

El río Chillón se encuentra entre las coordenadas E 76°21'55'' a 77°10'49'' W y N 11°18'23'' a 12°00'00'' S., cuenta con una extensión de 34, 950 km<sup>2</sup>, está considerada la cuenca con mayor desequilibrio demográfico y económico por lo que se aprecia en el lugar la contaminación de la cuenca durante su recorrido por vertimiento de efluentes y residuos sólidos de empresas informales y de la población del lugar. (BENITES A. 2010) Una de las actividades desarrolladas en la zona es la agricultura, la cual se mantiene con el agua que es captada desde el río al canal de regadío E-08 (S 11° 57'0.3744'' W 77° 5'44.3508'').

Figura 1 Mapa de localización del canal de regadío E-08



Fuente: Google Maps 2017

Figura 2 Mapa de delimitación del canal de regadío E-08 – Chuquitanta S.M.P.



Fuente: Google Maps 2017

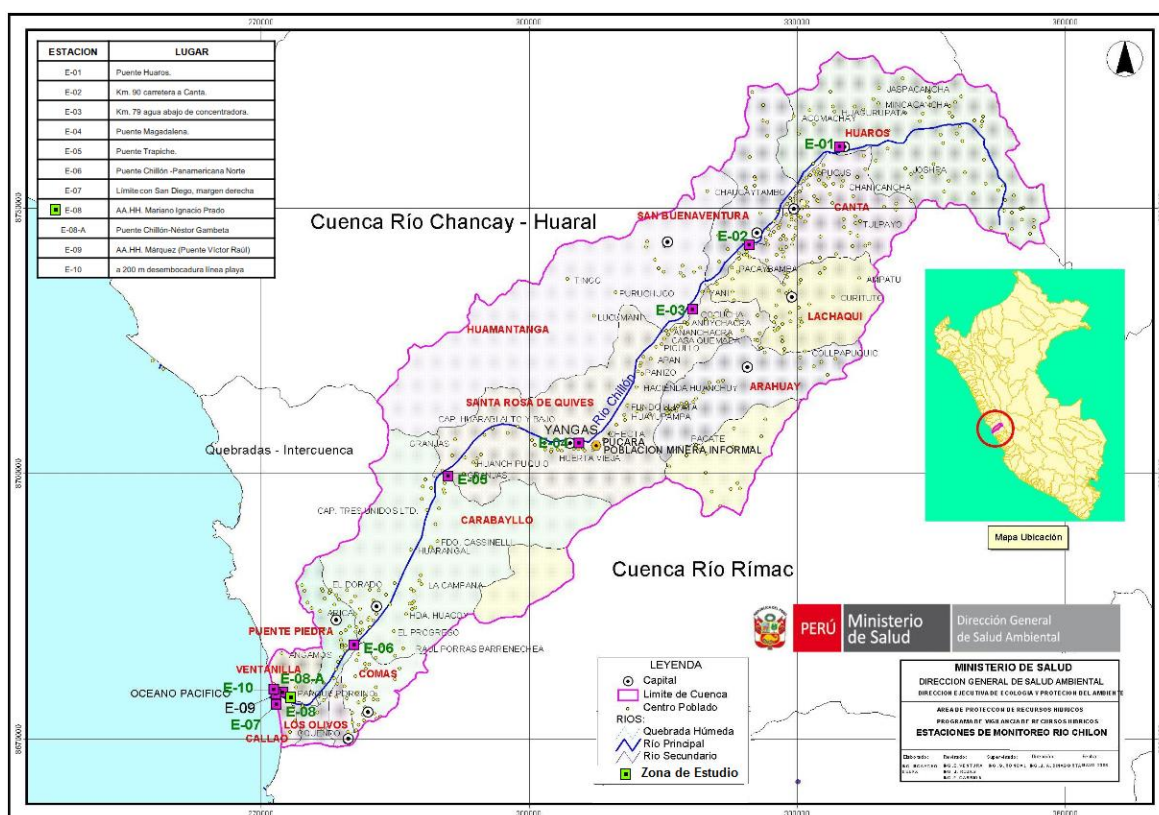


Figura 3 Canal de regadío E-08 – Chuquitanta S.M.P.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4 Mapa de estación de monitoreo río Chillón



Fuente: DIGESA

### 1.3.2 ECA fisicoquímicas Categoría 3: D1

Las características de las aguas constituyen gran importancia para determinar el tratamiento y si su calidad ambiental se encuentra dentro de los parámetros establecidos en las Normativas Nacionales.

Tabla 2 Parámetros y valores consolidados - Categoría 3: D1

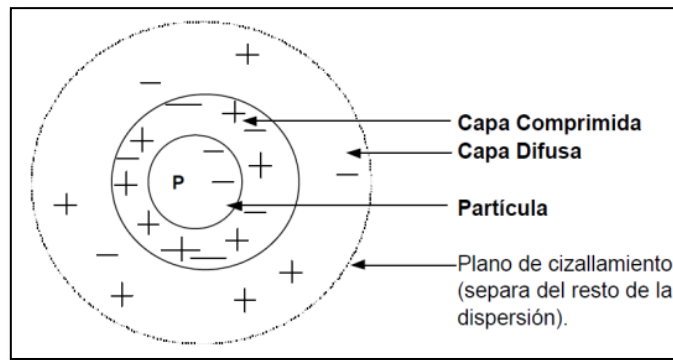
CATERGORIAS		ECA AGUA: CATEGORIA3
PARAMETROS	UNIDAD	PARAMETROS PARA RIESGO DE VEGETALES
FÍSICO – QUÍMICO		
TEMPERATURA	°C	Δ3
pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5
DBO	mg/L	15
DQO	mg/L	40

Fuente: DS-004-2017-MINAM

### 1.3.3 Los Coloides

Los coloides son los causantes de la turbidez del agua, no poseen un límite de tamaño y son estudiados en base a sus propiedades fisicoquímica, asimismo tienen una suspensión estable por lo que es de gran importancia cambiar la condición en la que se encuentran para que puedan sedimentar. Su sistema coloidal presenta cargas eléctricas negativas, también nombradas como cargas primarias que atraen a las partículas que atraen a los iones positivos y estos a su vez a los iones negativos unidos con una débil cantidad de iones positivos. (GÓMEZ N. 2005)

Figura 5 Doble capa de una partícula coloidal

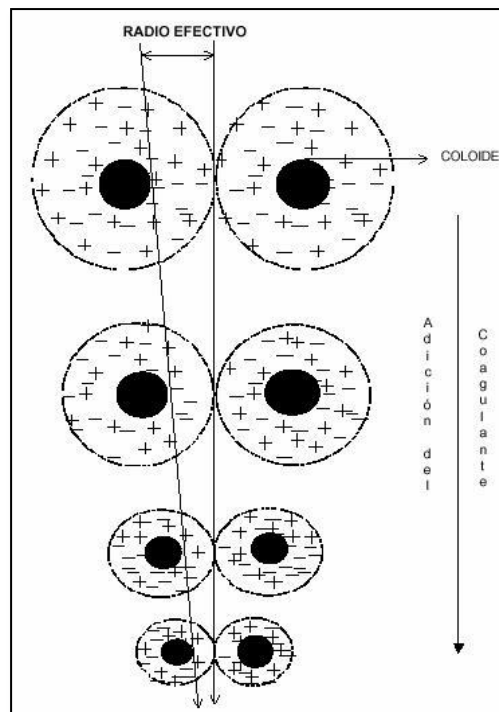


Fuente: GÓMEZ N. 2005

### 1.3.4 La Coagulación

Es un proceso que se inicia con la adición de un agente coagulante al agua y la agitación, dando lugar a que los coloides se desestabilicen.

Figura 6 Fenómeno de la coagulación



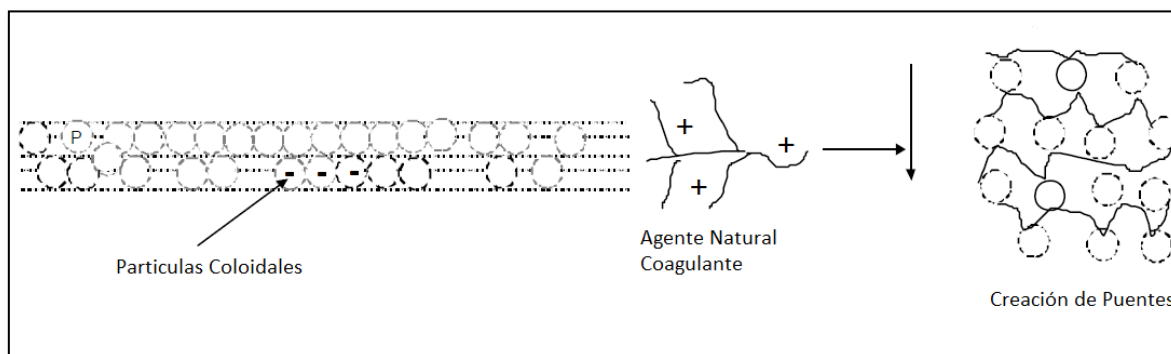
Fuente: GÓMEZ N. 2005

El tipo de coagulación que se da al utilizar un coagulante natural con contenido de mucílago es de adsorción y formación de puente (CHUN-YANG Y. 2010), es decir las partículas coloidales de carga negativa son atraídas por las cargas positivas del coagulante natural. Las moléculas son largas por lo que pueden retener



partículas coloidales por todas sus extremidades formando puentes, prosiguiendo con la creación de los flóculos. (ANDIA Y. 2000)

Figura 7 Coagulación por adsorción y puente



Fuente: Adaptación de GÓMEZ N. 2005

#### 1.3.4.1 Factores que influyen en la Coagulación

- pH: Es un parámetro importante en el proceso de la coagulación ya que si el tratamiento se diese fuera del valor optimó de pH se tendría que utilizar mayor concentración de coagulante. (ANDÍA Y. 2000) El rango óptimo de pH depende del coagulante y el agua que se utilizará para el tratamiento, para el Aloe Vera L. y Opuntia ficus indica se requiere un pH entre 6-7 (PARRA Y. 2011).
- Temperatura: La elevada temperatura de agua perjudica el proceso de coagulación, puesto que permite que las partículas cambien su energía cinética haciendo este proceso más lento. Asimismo la baja temperatura de agua aumenta su viscosidad lo cual causa dificultades para que el floculo formado sedimente. (ANDÍA Y. 2000) Es por ello PARRA Y. (2011) sugiere una temperatura ambiente entre 21–25 °C.

#### 1.3.5 La Floculación

Es el proceso que le prosigue a la coagulación, este se base en agitar la masa lentamente por un periodo más largo con la finalidad que conseguir acrecentar y aglomerar los flóculos para lograr el aumento del tamaño y el peso para una fácil sedimentación. (ANDÍA Y. 2000)

### **1.3.6 Sedimentación**

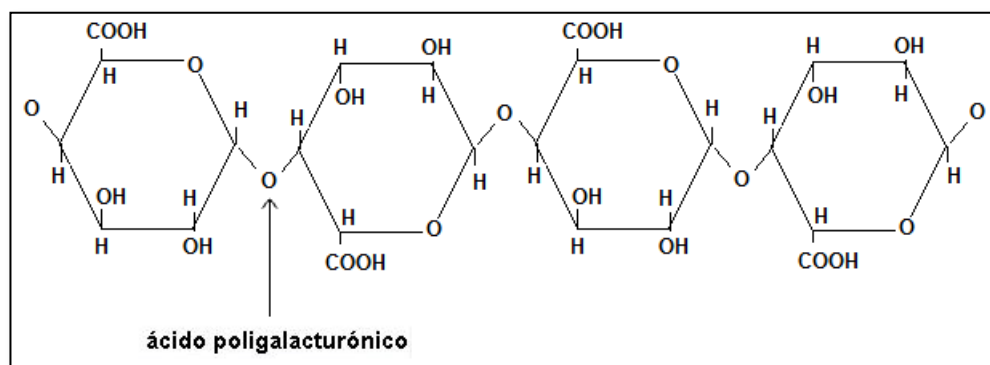
Es un proceso físico donde las partículas que tienen mayor densidad que el agua usan la fuerza de gravedad para descender hacia el fondo. La sedimentación de las partículas, también llamado decantación es más eficiente cuando estas tienen mayor tamaño. (RODRÍGUEZ A. 2006)

### **1.3.7 *Opuntia ficus indica***

Es una planta que puede llegar a medir 5 m de alto, su partes oblongas llamadas también pencas son de un color verde opaco y tienen un espesor de 2 cm y alcanzan un ancho de 30 a 50 cm. Poseen espinas y sus frutos y flores son de color rojo, naranja o amarillo. Una de las ventajas que tiene esa especie es que para su crecimiento no necesita tierras fértiles, con gran calidad de suelo ni mucha humedad. Se han reconocido 258 especies, son originarias de América y pueden llegar a vivir hasta 80 años. Como la especie crece en zonas áridas y semiáridas tiene la capacidad de retener la humedad de tal manera que no necesita mucha agua para vivir. (MARTÍNEZ J. 2012)

Estudios realizados a la especie de género *Opuntia ficus indica* han señalado la existencia de carbohidratos, proteínas, azúcares, glucosa y fructosa y metabolitos como la saponinas. (VILLABONA A. 2013) En años recientes se ha atribuido el poder coagulante de la *Opuntia ficus indica* al ácido poligalacturónico. Este polisacárido se encuentra presente en el mucílago que se almacena en la parte interna de la especie como una sustancia viscosa. Así mismo se ha reportado que el mecanismo de la coagulación se da por adsorción y formación de puentes, es decir el coagulante actúa con un neutralizador de las cargas formando enlaces entre el agente coagulante y las partículas coloidales. (CHUN-YANG Y. 2010)

Figura 8 Estructura química del polisacárido (ácido poligalacturónico)



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3 Taxonomía de la Opuntia ficus indica

Taxonomía	
<b>División</b>	<i>MAGNOLIOPHYTA</i>
<b>Clase</b>	<i>MAGNOLIOPSIDA</i>
<b>Orden</b>	<i>CARYOPHYLLALES</i>
<b>Familia</b>	<i>CACTACEAE</i>
<b>Genero</b>	<i>Opuntia</i>
<b>Especie</b>	<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill.

Fuente: Herbario del Museo de Historia Natural  
(Anexo N° 6 – Constancia N°84 – USM -2017)

Figura 9 Fotografía de la Opuntia ficus-indica



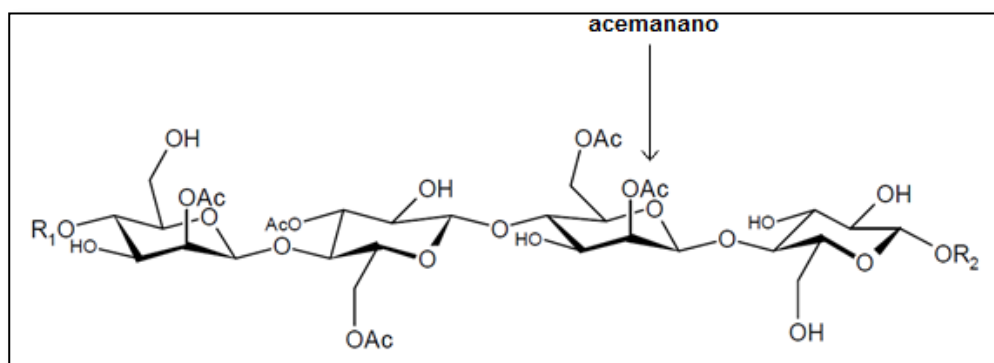
Fuente: Elaboración Propia

### 1.3.8 *Aloe Vera* L.

Esta planta puede llegar hasta 15m de alto, se caracteriza por tener hojas verdes y largas en forma de espada con una serie de punta de aproximadamente cm de largo y un grosos considerable, cuenta con espinas hacia los bordes de un color verde pálido. Su flor varía desde el amarillo hasta el rojo y se dispone en racimo con una forma tubular, en cuanto a los requerimientos del clima y suelo no es muy exigente ya que se logra desarrollar en suelos pobres. Una de las propiedades del *Aloe Vera* L. adjudicada por muchos investigadores es la propiedad de coagulación. Existen más de 260 especies, tiene su origen al sur de África, sin embargo se puede desarrollar en países tropicales y subtropicales. (GARCÉS M. 2004)

El *Aloe Vera* L. se caracteriza por poseer en el interior una sustancia viscosa, también llamado gel o mucílago. Tras algunos estudios realizados se ha determinado que se contiene más de 130 compuestos, entre ellos polisacáridos que contienen distintas cantidades de manosa, glucosa y galactosa. Entre los cuales se pueden apreciar los glucomanos, galactoglucoarabinomanos y otros. Cabe señalar que en los últimos años se ha generado un gran interés por el acemanano ( $\beta$ -(1-4)-manano O-acetilados) por su componente activo, el cual se define como un polisacárido mucilaginoso. (VILA R. 2001) Este se considera un interesante compuesto dentro de los tratamientos de agua por su mecanismo de desestabilización de coloides. (BABORA R. 2014)

Figura 10 Estructura química del polisacárido (acemanano)



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4 Taxonomía del Aloe Vera L.

Taxonomía	
<b>División</b>	<i>MAGNOLIOPHYTA</i>
<b>Clase</b>	<i>LILIOPSIDA</i>
<b>Subclase</b>	<i>LILIIDAE</i>
<b>Orden</b>	<i>LILIALES</i>
<b>Familia</b>	<i>LILIACEAE</i>
<b>Genero</b>	<i>Aloe</i>
<b>Especie</b>	<i>Aloe Vera (L) Burn.</i>

Fuente: Herbario del Museo de Historia Natural  
(Anexo N° 7 - Constancia N°084 – USM -2017)

Figura 11 Fotografía del Aloe Vera L.



Fuente: Elaboración Propia

### 1.3.9 DBO<sub>5</sub>

La Demanda Bioquímica de Oxígeno es la cantidad del oxígeno que utilizan los microorganismos heterótrofos, con el fin de transformar la materia orgánica en anhídrido carbónico, agua y productos finales, este proceso se realiza en condiciones aeróbicas con presencia de oxígeno libre. La DBO<sub>5</sub> mide el consumo de oxígeno en una muestra causado a través de las reacciones de síntesis, de nuevos organismos, de producción de energía y de degradación de los microorganismos. El desarrollo de la DBO<sub>5</sub> se inicia por la acción de los microorganismos heterotróficos que necesitan compuestos orgánicos como alimento. La DBO<sub>5</sub> y la DQO son los principales parámetros indicadores de la calidad de agua. (GIL M. 2006)

Es la medida indirecta del número de materia orgánica biodegradable en una muestra, la cual se determina a través de la incubación de microorganismos durante 5 días a 20 °C para luego obtener el resultado final del consumo del oxígeno, prueba también conocida como DBO<sub>5</sub>. La prueba de la DBO aun usando métodos precisos y estando en manos de expertos llega a alcanzar un 25%, sin embargo este valor se considera aceptable internacionalmente. En otros laboratorios no calificados el valor llega a 35% o más lo que nos indica la exactitud de la prueba lo que causa inconveniencias en el control de la operación para tratamiento de agua. (LOZANO W. 2013)

#### **1.3.10 DQO**

La Demanda Química de Oxígeno es consumo del oxígeno, mg/L, en la oxidación de la materia carbonácea (persistente), para tal proceso deben existir condiciones que facilite la oxidación. La reacción se realiza cuando la temperatura elevada, el ácido sulfúrico carbonizado de la materia orgánica y el poder oxidante del dicromato potásico se combinan. Las reacciones La DQO es el índice para medir usualmente la contaminación. (GIL M. 2006)

La DQO es una medida de la carga contaminante de una muestra, para su determinación se utiliza un oxidante potente en un medio ácido (ácido sulfúrico) a diferencia de la DBO que usa nutrientes. Es un parámetro que controla la eficiencia de remoción de contaminantes presentes en una muestra y como método es el preferido ya que los resultados se obtienen a 3 horas de este modo el error es menor a comparación de la DBO que se obtiene a 5 días. (LOZANO W. 2013)

#### **1.3.11 Eficiencia de coagulación**

La eficiencia de coagulación se mide a través del resultado de la disminución de las partículas coloidales después de pasar por un proceso de sedimentación. La remoción de los coloides está relacionada directamente con la agitación rápida y lenta para que se realice un adecuado proceso de coagulación, floculación y sedimentación, así mismo depende también de la dosis de la solución. (CANEPA L. 2004) La eficiencia de los extractos se determina a través del % de disminución del contenido de la DBO<sub>5</sub> y la DQO (RODIÑO J. 2014).

### **1.3.12 Mucílago**

Es parecida a una goma que en contacto con el agua forma una sustancia viscosa que tiene gran facilidad para atrapar. Los mucilagos están compuestos de polisacáridos que suelen contener glucosa y galactosa. (BABORA R. 2014)

### **1.3.13 Liofilización**

El liofilizado es un método criogénico de secado, el cual separa el agua o disolvente de una disolución mediante el congelamiento y sublimación. El proceso permite evita el paso de la fase líquida y por consecuencia no se pierden las propiedades y alta presión de vacío.

## **1.4 Formulación del problema**

### **1.4.1 Problema General**

¿Los coagulantes naturales (*Aloe Vera L.* y *Opuntia ficus indica*) disminuyen el contenido de la DBO<sub>5</sub> y la DQO en aguas del canal de regadío de Chuquitanta, San Martín de Porres 2017?

### **1.4.2 Problema Específico**

**E<sub>1</sub>:** ¿Cuál de los tres tratamientos (*Aloe Vera L.*, *Opuntia ficus indica* y *Aloe Vera L.*+ *Opuntia ficus indica*) disminuyen el contenido de la DBO<sub>5</sub> y la DQO en las aguas del canal de regadío E-8 Chuquitanta S.M.P. 2017?

**E<sub>2</sub>:** ¿Cuál de las tres dosis (600, 700 y 800 mg/l) aplicadas disminuye el contenido de la DBO<sub>5</sub> y la DQO en las aguas del canal de regadío E-8 Chuquitanta S.M.P. 2017?

**E<sub>3</sub>:** ¿Qué combinación entre tratamiento (*Aloe Vera L.*, *Opuntia ficus indica* y *Aloe Vera L.*+ *Opuntia ficus indica*) y dosis (600, 700 y 800 mg/l) logra mayor eficiencia para la disminución del contenido de la DBO<sub>5</sub> y la DQO en las aguas del canal de regadío E-8 Chuquitanta S.M.P. 2017?

## **1.5 Justificación del estudio**

Actualmente en Perú el proceso de tratamiento de aguas contaminadas se realiza con el uso de coagulantes químicos como el Sulfato de Aluminio, el acceso a este producto se ve bastante limitado en las zonas alejadas de las ciudades (las que

raramente disponen de un sistema de tratamiento de sus aguas) o en zonas cercanas a la ciudad donde las PTAR no se abastecen para el desarrollo de su función, vertiendo sus efluentes tratados a los cuerpos de agua superficial sin cumplir con los ECAs para aguas de acuerdo al informe realizado por SUNASS en los años 2008 y 2015. Es por ello que la investigación y desarrollo de alternativas sostenibles para darle tratamiento a las aguas de sectores vulnerables es necesaria en Chuquitanta – San Martín de Porres, puesto que cumple con la premisa anterior por ser una comunidad donde la PTAR no realiza el servicio de manera eficiente, por lo tanto se cataloga como una zona con alto riesgo ya que la contaminación del agua es significativa, por el vertimiento de efluentes domésticos e industriales, el desecho de residuos sólidos, las actividades no compatibles, la falta de servicio de saneamiento agua y desagüe, generando problemas a la salud como infecciones bacterianas, parasitarias y virales en los agricultores y consumidores por el contacto directo de elementos contaminantes con los productos cultivados, razón por la cual esta propuesta es justificable dado que es de fácil aplicación, tiene alto poder de remoción de la DBO<sub>5</sub> y DQO, mantiene el pH del agua, posee propiedades antimicrobianas, es de bajo costo, los lodos generados no son contaminantes, la elaboración de coagulantes naturales a partir del *Aloe Vera L.* y *Opuntia ficus indica* no es compleja, son especies de fácil hallazgo ya que se adecua en todos los ecosistemas, no requieren de grandes cantidades de agua ni de cuidados, esta alternativa es natural y amigable con el medio ambiente.

## **1.6 Hipótesis**

### **1.6.1 General**

Los coagulantes naturales (*Aloe Vera L.* y *Opuntia ficus indica*), si disminuyen el contenido de la DBO<sub>5</sub> y la DQO en las aguas del canal de regadío de Chuquitanta, San Martín de Porres 2017.

### **1.6.2 Específicos**

**E<sub>1</sub>:** Los tres tratamientos (*Aloe Vera L.*, *Opuntia ficus indica* y *Aloe Vera L.*+ *Opuntia ficus indica*) si disminuyen el contenido de la DBO<sub>5</sub> y la DQO en las aguas del canal de regadío E-8 Chuquitanta S.M.P. 2017.



**E<sub>2</sub>:** De las tres dosis (600, 700 y 800 mg/l) aplicadas al menos una disminuye el contenido de la DBO<sub>5</sub> y la DQO en las aguas del canal de regadío E-8 Chuquitanta S.M.P. 2017

**E<sub>3</sub>** La combinación más eficiente es entre tratamiento 3 (*Aloe Vera L.+ Opuntia ficus indica*) y dosis 3 (800 mg/l) para la disminución del contenido de la DBO<sub>5</sub> y la DQO en las aguas del canal de regadío E-8 Chuquitanta S.M.P. 2017.

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1 General**

Determinar si los coagulantes naturales (*Aloe Vera L. y Opuntia ficus indica*), disminuyen el contenido de la DBO<sub>5</sub> y la DQO en aguas del canal de regadío de Chuquitanta San Martín de Porres 2017.

### **1.7.2 Específicos**

**E<sub>1</sub>:** Determinar cuál de los tres tratamientos (*Aloe Vera L., Opuntia ficus indica y Aloe Vera L.+ Opuntia ficus indica*) disminuyen el contenido de la DBO<sub>5</sub> y la DQO en las aguas del canal de regadío E-8 Chuquitanta S.M.P. 2017.

**E<sub>2</sub>:** Determinar cuál de las tres dosis (600, 700 y 800 mg/l) aplicada disminuyen el contenido de la DBO<sub>5</sub> y la DQO en las aguas del canal de regadío E-8 Chuquitanta S.M.P. 2017.

**E<sub>3</sub>** Determinar la combinación entre tratamiento (*Aloe Vera L., Opuntia ficus indica y Aloe Vera L.+ Opuntia ficus indica*) y dosis (600, 700 y 800 mg/l) que logra mayor eficiencia para la disminución del contenido de la DBO<sub>5</sub> y la DQO en las aguas del canal de regadío E-8 Chuquitanta S.M.P. 2017.

## **CAPITULO II**

### **MÉTODO**

## **II. METODO**

### **2.1 Diseño de investigación**

El diseño que se realizó para esta investigación es experimental debido a que se cuenta con dos grupos (grupo control y grupo experimental) (HERNÁNDEZ R. 2010), este consiste en medir las concentraciones iniciales del grupo control y las concentraciones finales de la DBO<sub>5</sub> y la DQO luego de la aplicación de los tres tratamientos (T1: *Aloe Vera L.*, T2: *Opuntia ficus indica* y T3: *Aloe Vera L.* + *Opuntia ficus indica*) a tres dosis diferentes (600, 700 y 800 mg/l) en las aguas del canal de regadío E-8. La simulación del tratamiento se realizará mediante la prueba de test de jarras donde se ha manipulado la variable independiente (coagulantes naturales: *Aloe Vera L.* y *Opuntia Ficus Indica*) para determinar la disminución producida en la variable dependiente (disminución de la DBO<sub>5</sub> y DQO).

#### **2.1.1 Fases de la investigación**

##### **2.1.1.1 Recolección de la muestra inicial para análisis preliminar.**

El volumen de muestra extraída fue 19 litros, realizado por Kriss Estefany Razuri Malqui, el día miércoles 10 de mayo del 2017 a las 9:00 am de las aguas del canal de regadío E-8 (S 11° 57'0.3744'' W 77° 5'44.3508'') Chuquitanta – San Martín de Porres y llevadas inmediatamente al Laboratorio de Fisicoquímica UCV Lima Norte.

Tabla 5 Cadena de custodia

DATOS GENERALES							
Lugar de Muestreo: Canal de Regadío E-8 Chuquitanta - S.M.P.				Departamento: Lima			
Provincia: Lima				Tipo de muestra: Líquida			
Identificación del Laboratorio: Laboratorio de Fisicoquímica				Fecha y Hora del Muestreo: 07/06/2017 – 13:30 pm			
DATOS DEL MUESTREO							
Identificación de la muestra	Fecha de la muestra	Hora de muestra	PARAMENTROS REQUEIDOS				
			pH	Temperatura	Turbidez	BDO <sub>5</sub>	DQO
Muestra preliminar 1	07/06/2017	10:00 am	X	X	X	X	X
Nombre y Apellido del responsable del muestreo: Kriss Estefany Razuri Malqui							
Firma del responsable del muestreo:							

Fuente: Elaboración propia

Figura 12 Canal de regadío E-8 Chuquitanta S.M.P.



Fuente: Elaboración propia

Figura 13 Toma de muestra en el Canal de regadío E-8 Chuquitanta S.M.P.



Fuente: Elaboración propia

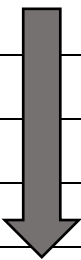
Figura 14 Homogenización de la muestra



Fuente: Elaboración propia

**2.1.1.2 Obtención del coagulante natural en polvo:** Para obtener el coagulante natural en polvo se aplicó un procedimiento análogo al realizado por Almendarez (2004). El proceso consta de 5 etapas las cual ha sido descritas a continuación:

Tabla 6 Etapas del proceso de obtención del coagulante

Proceso de obtención de coagulante	
	Remoción de la cutícula
	Corte
	Liofilización
	Molienda
	Tamizado

Fuente: Elaboración Propia

#### a. Remoción de la cutícula

***Opuntia Ficus Indica*:** Para obtener 3kg se utilizaron 8 pencas de aproximadamente 25cm de largo, 14 cm de ancho y 2.6 cm de espesor. Fueron lavadas y peladas para sacarle la parte exterior (cutícula).

Figura 15 Obtención de coagulante *Opuntia ficus indica*



Fuente: Elaboración Propia

***Aloe Vera L.*:** Para obtener 3kg se utilizaron 14 pencas de aproximadamente 36cm de largo, 5 cm de ancho y 2.4 de espesor. Fueron lavadas y peladas para sacarles la para exterior (cutícula).



Figura 16 Obtención de coagulante de Aloe Vera L.



Fuente: Elaboración Propia

#### b. Corte

Una vez separada la cutícula de la pulpa se realizó el corte de la *Opuntia ficus indica* en pequeño cubos y en tiras rectangulares el *Aloe Vera L.*, los cortes fueron sugeridos por el personal del Laboratorio de Equipamiento Especializado UNMSM para optimizar el espacio de la bandeja.

Figura 17 Coagulante Natural cortado

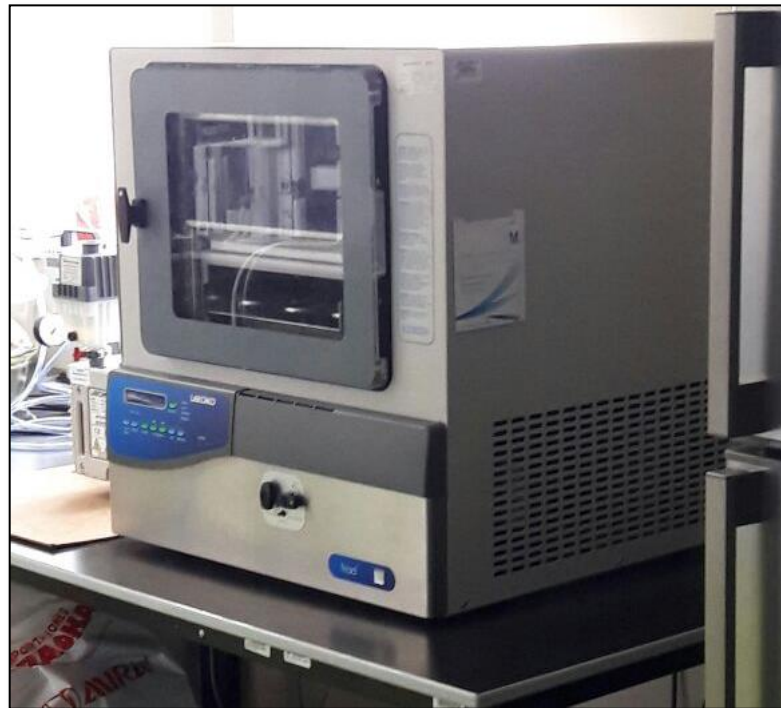


Fuente: Elaboración Propia

### c. Liofilización

Con el fin de conservar las propiedades de los coagulantes naturales (*Aloe Vera L.* y *Opuntia ficus indica*) se aplicó el procedimiento de liofilización en las instalaciones del Laboratorio de Equipamiento Especializado UNMSM. Posteriormente se conservó en el desecador para evitar la hidratación hasta el momento de hacer la realizar la siguiente etapa.

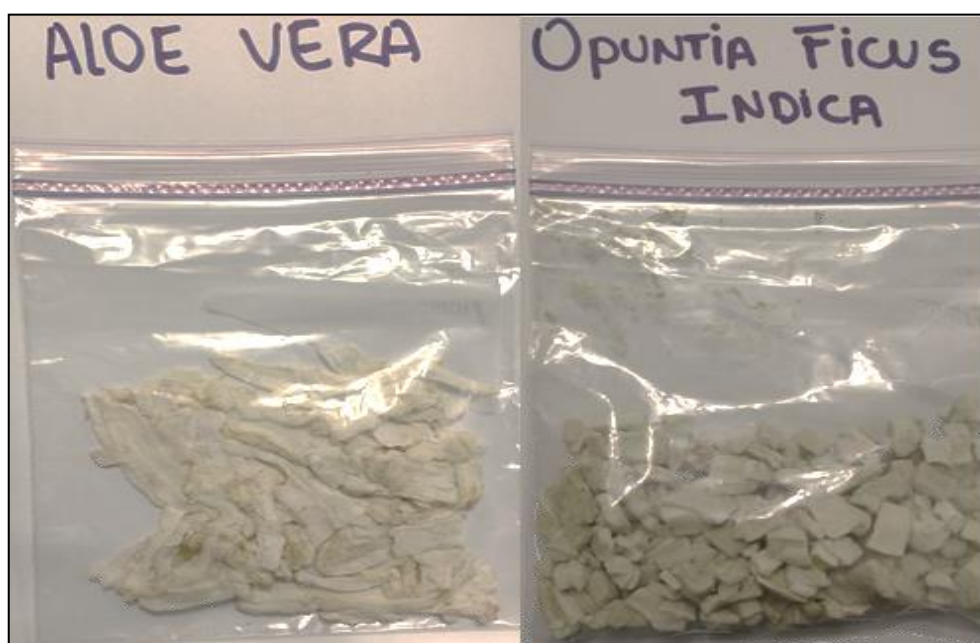
Figura 18 Equipo de liofilizado



Fuente: Elaboración Propia



Figura 19 Coagulante natural liofilizado



Fuente: Elaboración Propia

#### d. Molienda

El material sólido del *Aloe Vera L.* y *Opuntia ficus indica* obtenido del proceso anterior fue colocado en un mortero para reducir su tamaño.

Figura 20 Proceso de molienda



Fuente: Elaboración Propia

Figura 21 Molienda de Aloe Vera L. y Opuntia ficus indica



Fuente: Elaboración Propia

#### e. Tamizado

Finalmente se procedió a tamizar el *Aloe Vera L.* y *Opuntia ficus indica* con en uso de un tamiz de 1 mm para obtener mayor contacto con el agua a tratar.

Figura 22 Proceso de tamizado



Fuente: Elaboración Propia

Figura 23 Tamizado de Aloe Vera L. y Opuntia ficus indica



Fuente: Elaboración Propia

### 2.1.1.3 Aplicación de test de jarras

El test de jara es un método de simulación del proceso de coagulación, floculación y sedimentación. Los factores de control para la realización del Test de Jarras son la variación de agitación rápida y lenta, tiempo de sedimentación, dosis del coagulante, pH y temperatura en dosis de 600, 700 y 800 mg/l de coagulante natural (PARRA Y. 2011).

Tabla 7 Factores de control para Test de Jarras

Parámetros	Valores
pH	6 - 7
Temperatura	Ambiente
Velocidad de agitación rpm (rápida)	100 rpm
Tiempo	1 minuto
Velocidad de agitación rpm (lenta)	30 rpm
Tiempo	20 minutos
Tiempo de sedimentación	30 minutos

Fuente: Elaboración propia

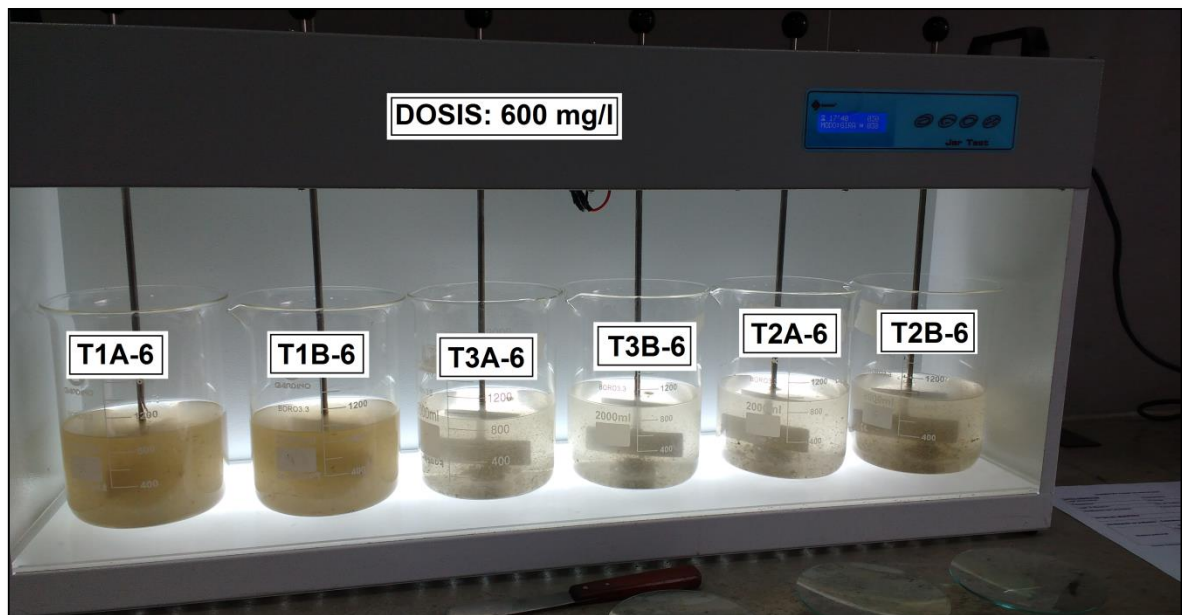
Figura 24 Diseño pre – experimental

Grupo Control	T <sub>1</sub> Aloe Vera	T <sub>2</sub> Opuntia	T <sub>3</sub> Opuntia + Aloe Vera	Dosis mg/l
GC	T <sub>1a</sub>	T <sub>2a</sub>	T <sub>3a</sub>	600 mg/l
	T <sub>1a</sub>	T <sub>2a</sub>	T <sub>3a</sub>	
	T <sub>1b</sub>	T <sub>2b</sub>	T <sub>3b</sub>	700 mg/l
	T <sub>1b</sub>	T <sub>2b</sub>	T <sub>3b</sub>	
	T <sub>1c</sub>	T <sub>2c</sub>	T <sub>3c</sub>	800 mg/l
	T <sub>1c</sub>	T <sub>2c</sub>	T <sub>3c</sub>	

Fuente: Elaboración propia

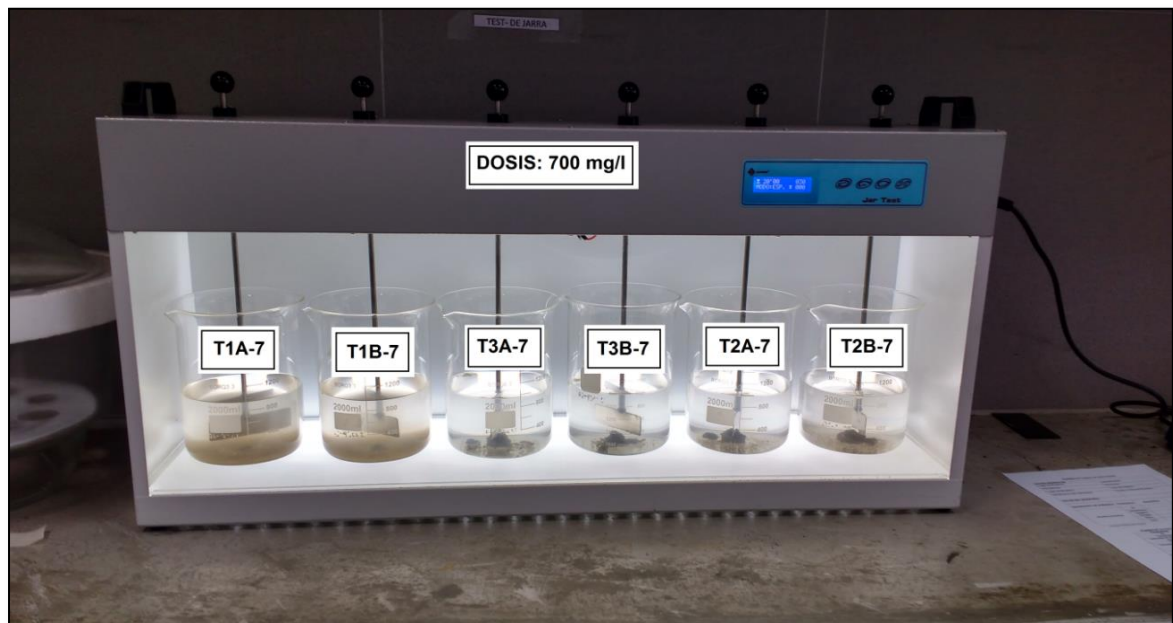
Se realizó el tratamiento 1, 2 y 3 mediante coagulantes naturales (*Aloe Vera L.* y *Opuntia ficus indica*) a una dosis de 600, 700 y 800 mg/l con sus respectivos duplicados.

Figura 25 Tratamiento 1, 2 y 3 en dosis de 600mg/l



Fuente: Elaboración propia

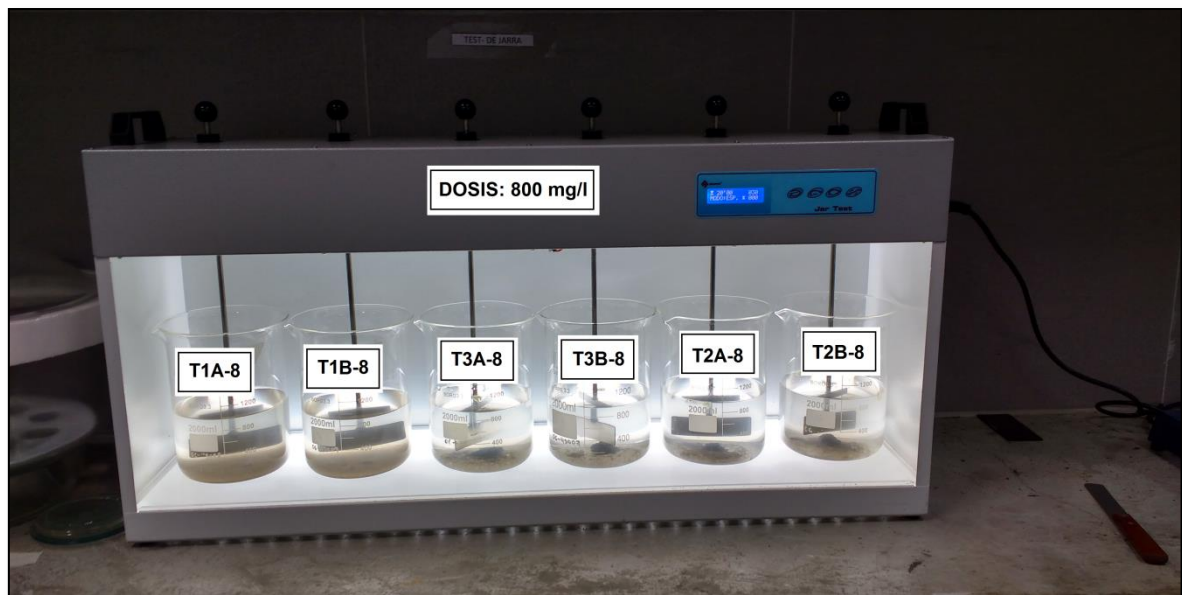
Figura 26 Tratamiento 1, 2 y 3 en dosis de 700mg/l



Fuente: Elaboración propia



Figura 27 Tratamiento 1, 2 y 3 en dosis de 800mg/l



Fuente: Elaboración propia

#### 2.1.1.4 Análisis de las muestras

Para determinar la  $DBO_5$  y la DQO en el agua del canal de regadío E-8 Chuquitanta S.M.P. se aplicó la metodología sugerida por el "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" editado por el APHA, AWWA y WEF (2005). El procedimiento se realizó en el Laboratorio de Fisicoquímica UCV Lima Norte.

##### a. Ensayo de la Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ): 5210 B. 5-Day BOD Test.

###### i. Reactivos:

**Solución de tampón fosfatos:** Disolver 8,5 gramos de fosfato diácido de potasio ( $KH_2PO_4$ ), 21,75 gramos de fosfato ácido de potasio ( $K_2HPO_4$ ), 33,4 gramos de fosfato ácido de sodio ( $Na_2HPO_4$ ) y 1,7 g de  $NH_4Cl$  en 500 ml de agua destilada y diluir hasta 1000 ml.

**Solución de sulfato de magnesio:** Disolver 22,5 g de  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  en agua destilada y diluir hasta 1000 ml.

**Solución de cloruro de calcio:** Disolver 27,5 gramos de  $CaCl_2$  en agua destilada y diluir hasta 1000 ml.

**Solución de cloruro férrico:** Disolver 0,25 gramos de  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  en agua destilada y diluir hasta 1000 ml.

**Solución ácida y básica:** 1N, para neutralización de muestras residuales cáusticas y ácidas.

**1) Ácida:** Lentamente y mientras se agita, añadir 28 ml de ácido sulfúrico concentrado de agua destilada. Diluir hasta 1000 ml.

**2) Básica:** Disolver 40 gramos de hidróxido sódico en agua destilada. Diluir hasta 1000 ml.

**Solución Patrón de glucosa-ácido glutámico:** Secar en la estufa glucosa de calidad para reactivos y ácido glutámico de calidad para reactivos, a  $103^\circ\text{C}$ , durante una hora. Una vez seco y frío en desecador, pesar 150 miligramos de glucosa y 150 miligramos de ácido glutámico y disolver en agua destilada y diluir hasta 1000 ml. Preparar siempre inmediatamente antes de usarla. Esta solución presenta una concentración de 198 mg/l de  $\text{O}_2$  bioquímico (el volumen de alícuota a sembrar es de 6 ml en frasco Winkler)

**Solución de tiosulfato de sodio:** Disolver 6,205 gramos de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  con 0,4 gramos de NaOH en agua destilada y diluir hasta 1000 ml. La solución resultante tendrá una concentración de 0,025 N.

**Solución de almidón:** Disolver una cucharadita de almidón en 100 ml de agua destilada caliente.

**Reactivo 1:** Disolver 364 g de sulfato de manganeso monohidratado ( $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) en agua destilada y diluir hasta 1000 ml.

**Reactivo 2:** Disolver 500 g de hidróxido de sodio (NaOH) con 150 g de yoduro de potasio (KI) y 10 g de azida de sodio ( $\text{NaN}_3$ ) en agua destilada y diluir hasta 1000 ml.

## **ii. Procedimiento:**

Antes de realizar el análisis se preparó el agua de dilución. Para la preparación del agua de dilución se colocó el volumen

deseado de agua en un frasco adecuado y se añadió 1ml de las soluciones de tampón fosfato, de sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro férrico por cada litro de agua. Antes de usar el agua de dilución debe atemperarse esta agua a 20°C. Saturar el agua con OD (oxígeno disuelto) agitando en una botella parcialmente llena o aireando con aire filtrado libre de materia orgánica (mediante el empleo de una pequeña bomba de aire)

Para el análisis de la muestra, se verifico primeramente el pH de la muestra, encontrándose dentro del rango estipulado por el método, el cual está comprendido entre 6 a 8.

También se verifico la presencia de cloro residual, pero al ser un agua sin tratamiento no se encontró presencia del cloro libre (el análisis se realizó con un kit de cloro libre) Seguidamente se seleccionó el volumen a analizar de la muestra tomando en consideración la turbidez y la presencia de materia orgánica (olor y color). Se consideró tomar un volumen de 25, 50 y 100 ml de muestra de agua en el frasco Winkler y se añadió el agua de dilución hasta llenar el frasco Winkler tapándose inmediatamente. Se cubrió el Winkler con plástico parafinado con el objetivo de evitar que la boca se seque, y se dé la posible formación de burbujas de aire. En otros frascos Winkler se desarrolló el mismo procedimiento, tomándose los mismos volúmenes y enrasando con agua de dilución, pero estos frascos fueron utilizados para la determinación del oxígeno disuelto inicial por el método de titulación de la azida modificado.

Los frascos seleccionados para la incubación por 5 días se llevaron a una incubadora, la cual se mantiene a una temperatura de 20 °C en total oscuridad.

Pasados los 5 días se procedió a medir el oxígeno disuelto de cada una de las muestras por el método de titulación con tiosulfato de sodio 0,025 N (método de la azida modificada).



El procedimiento para determinar el oxígeno disuelto es el siguiente: A cada frasco Winkler se agregó 1 ml de reactivo 1 y 1 ml de reactivo 2, se agito y se dejó sedimentar el precipitado formado. Seguidamente se adiciono 1 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado y se agitó hasta disolver el precipitado por completo, obteniéndose una solución de coloración naranja por la generación de I<sub>2</sub>. Se trasvasa 201 ml de la muestra en un vaso de precipitado de 250 ml con bagueta y se procede a titular con solución de tiosulfato de sodio 0,025 N contenido en la bureta hasta que la solución adquiera una coloración amarilla. En ese punto se le adiciona 1 ml de solución de almidón, recientemente preparada, cambiando la solución a una coloración azul intenso, continuándose con la titulación hasta un viraje incoloro.

Se toma nota del volumen de tiosulfato de sodio gastado y con esto se desarrollan los cálculos para determinar la DBO<sub>5</sub>.

### iii. **Calculo:**

$$DBO_5 = \frac{ODi - ODf}{Vm} \times 300$$

DBO<sub>5</sub> = Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (mg/l O<sub>2</sub> bioquímico)

ODi = Oxígeno Disuelto Inicial.

ODf = Oxígeno Disuelto Final.

Vm = Volumen de la muestra sembrada.

## **b. Ensayo de la Demanda Química de Oxígeno (DQO): 5220 D. Closed Reflux, Colorimetric Method**

### **i. Reactivos:**

**Solución de digestión:** Añadir en 500 ml de agua destilada, 10,216 gramos de dicromato de potasio (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>), previamente secado a 103°C durante un tiempo de 2 horas, 167 ml de ácido sulfúrico concentrado (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) y 33,3 gramos de sulfato de mercurio (HgSO<sub>4</sub>).

Disolver y dejar enfriar hasta temperatura ambiente y diluir hasta 1000 ml.

**Solución de ácido sulfúrico:** Añadir sulfato de plata ( $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ ) al ácido sulfúrico concentrado ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), de tal manera que entre estos dos compuestos exista una relación de 5,5 g de  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  por Kg de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y disolver.

**Solución de biftalato de potasio:** Esta solución representa el patrón a utilizar para la curva de calibración. Colocar el biftalato de potasio ( $\text{C}_8\text{H}_5\text{KO}_4$ ) en la estufa por 2 horas a una temperatura de  $110^\circ\text{C}$ , dejar reposar dentro del desecador hasta que enfríe. Disolver 0,425 g de  $\text{C}_8\text{H}_5\text{KO}_4$  en agua destilada y diluir hasta 1000 ml. Esta solución representa una concentración teórica de 500 ppm de  $\text{O}_2$  químico.

## ii. Procedimiento:

Antes del análisis de las muestras, se procede a preparar una curva de calibración, de acuerdo a la Ley de Beer, la cual indica que existe una relación directamente proporcional entre la señal emitida (Absorbancia) y concentración de la DQO (mg/l  $\text{O}_2$  químico). Se realizan las diluciones respectivas a partir del estándar de 500 ppm de DQO. Para esto se preparan estándares de 0, 10, 50, 100, 400 y 500 ppm de DQO. El análisis fue igual al de las muestras.

Para el análisis de la muestras, en un tubo estándar de 10 ml de, se tomó 2,5 ml de muestra, para luego añadir 1,5 ml de solución de digestión y 3,5 ml de solución de ácido sulfúrico. Se agito la muestra.

Junto con la muestra se tomó un blanco (agua destilada) y un patrón de control de biftalato de potasio para verificar la respuesta del análisis.

Las muestras y los controles se llevaron a un digestor de DQO a una temperatura de 150 °C por espacio de 2 horas. Una vez frio, las muestras se agitan y llevan a centrifuga para separar adecuadamente el precipitado de la solución.

Seguidamente se lleva a un espectrofotómetro UV- Visible y se procede a leer a una  $\lambda = 600 \text{ nm}$ . Los resultados obtenidos son comparados con la curva de calibración previamente preparada.

**iii. Cálculo:**

$$DQO = \frac{Abs - b}{m}$$

DQO = Demanda Química de Oxígeno (mg/l O<sub>2</sub> químico)

Abs = Absorbancia de la muestra.

b = Intercepto de la curva de calibración.

m = Pendiente de la curva de calibración.

Figura 28 Elaboración de reactivos para DBO5 y DQO



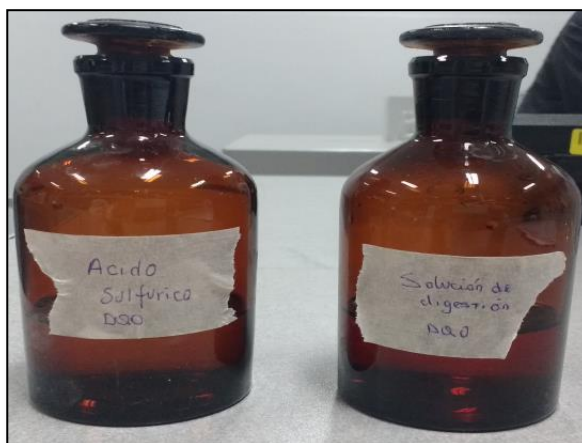
Fuente: Elaboración Propia

Figura 29 Reactivos para DBO5



Fuente: Elaboración Propia

Figura 30 Reactivos para DQO



Fuente: Elaboración Propia

Figura 31 Muestras sembradas



Fuente: Elaboración Propia

Figura 32 Incubación de muestra para prueba de la DBO5



Fuente: Elaboración Propia

Figura 33 Muestras con reactivo 1, 2 y H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> para DBO<sub>5</sub>



Fuente: Elaboración propia

Figura 34 Titulación para determinar la DBO<sub>5</sub>



Fuente: Elaboración Propia



Figura 35 Siembra de patrones y muestras para determinar DQO



Fuente: Elaboración propia

Figura 36 Patrones y muestras en el digestador



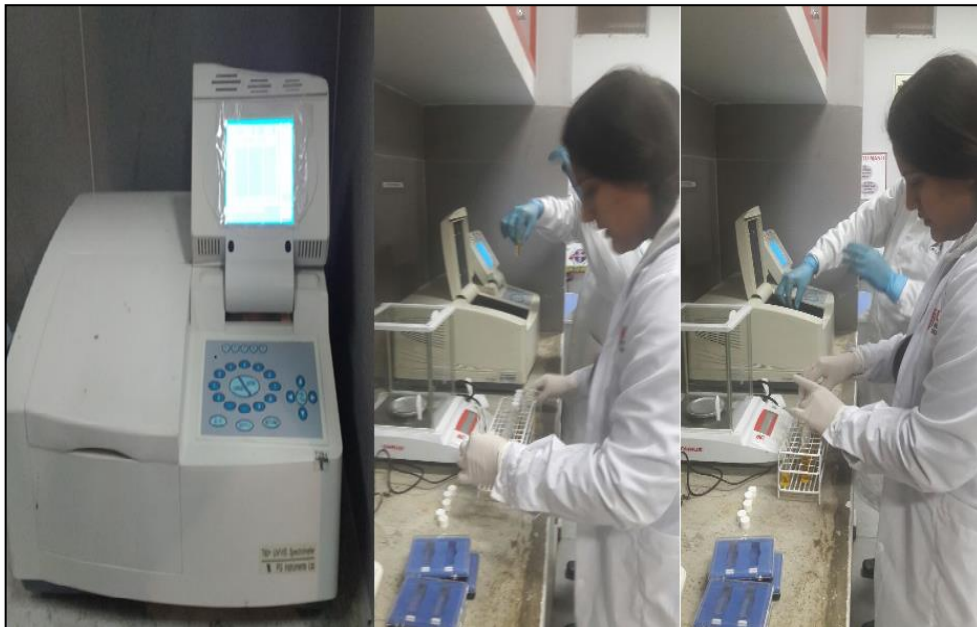
Fuente: Elaboración propia

Figura 37 Centrifugado de patrones y muestras



Fuente: Elaboración propia

Figura 38 Prueba de espectrofotometría para determinar DQO



Fuente: Elaboración propia



Tabla 8 Registro de datos iniciales

DATOS GENERALES			
Lugar de Muestreo: Canal de Regadío E-8 Chuquitanta - S.M.P.		Departamento: Lima	
Provincia: Lima		Tipo de muestra: Líquida	
Identificación del Laboratorio: Laboratorio de Físicoquímica		Fecha y Hora del Muestreo: 07/06/2017 – 13:30 pm	
DATOS DEL MUESTREO			
Identificación de la Muestra	Parámetros	Resultados	Unidad
Muestra preliminar	pH	7,87	pH
	Temperatura	21,9	°C
	Turbidez	429	NTU
	DBO <sub>5</sub>	65.4	mg/l
	DQO	833.04	mg/l

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9 Registro de resultados de análisis finales

DATOS GENERALES												
Lugar de Muestreo: Canal de Regadío E-8 Chuquitanta - S.M.P.							Departamento: Lima					
Provincia: Lima							Tipo de muestra: Líquida					
Identificación del Laboratorio: Laboratorio de Fisicoquímica							Fecha y Hora del Muestreo: 07/06/2017 – 3:00 pm					
DATOS DEL MUESTREO												
Identificación de la Muestra	Coagulante	Dosis	Parámetros									
			pH		T °C		TUBIEDAD		DBO <sub>5</sub>		DQO	
Experimento 1	Aloe Vera L.	600 mg/l	6.89	6.90	22.6	22.9	20.9	20.8	25.2	21.72	465.7	432.3
		700 mg/l	6.86	6.82	22.9	22.7	15.4	15.5	21.4	19.02	415.7	405.7
		800 mg/l	6.75	6.72	23.1	23.4	13.5	13.2	18.84	18.48	342.3	269.0
Experimento 2	Opuntia ficus indica	600 mg/l	7.08	7.01	22.9	22.7	12.8	11.9	17.64	17.52	259.0	255.7
		700 mg/l	7.03	6.94	23.1	23.7	10.5	10	17.52	16.98	202.3	185.7
		800 mg/l	6.98	6.92	23.5	23.0	10	10.1	16.2	15.42	179.0	162.3
Experimento 3	Aloe Vera L. y Opuntia ficus indica	600 mg/l	7.19	7.15	22.9	22.9	9.4	9.0	15.06	14.28	152.3	149.0
		700 mg/l	7.11	7.05	21.9	22.0	8.5	8.9	13.62	13.2	132.3	99.0
		800 mg/l	7.05	6.97	23.0	22.8	6.2	6.9	12.84	12.48	89.0	75.7

Fuente: Elaboración propia

Ver Capítulo III Resultados.

## 2.2 Variables, Operacionalización

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Escala o Unidad
<b>INDEPENDIENTE</b> Coagulantes Naturales	<b>Coagulantes naturales</b> Son extraídos de especies vegetales para ser utilizados como alternativa en los procesos de tratamientos de agua con el fin de disminuir el consumo en parte o total de los coagulantes químicos. (RODRÍGUEZ J. 2007)	Es la concentración del coagulante natural aplicada en los tres tratamientos (T1: <i>Aloe Vera</i> L., T2: <i>Opuntia ficus indica</i> y T3: <i>Aloe Vera</i> L.+ <i>Opuntia ficus indica</i> ) a una velocidad y tiempo de agitación que permita la disminución de la DBO <sub>5</sub> y DQO.	Concentración de Especies vegetales	Dosis de <i>Aloe Vera</i> L. y <i>Opuntia ficus indica</i>	mg/L
			Velocidad y tiempo de agitación	Tiempo de agitación rápida y lenta	rpm
<b>DEPENDIENTE</b> Disminución de la DBO <sub>5</sub> y la DQO	<b>DBO:</b> Demanda bioquímica de Oxígeno.  <b>DQO:</b> Demanda Química de Oxígeno  Se expresa como la disminución de la DBO <sub>5</sub> Y DQO (GIL M. 2006)	Son las propiedades fisicoquímicas, es decir las características del agua del canal de regadío E-8 de Chuquitanta evaluadas antes y después de la aplicación de los coagulantes naturales para determinar la eficiencia de la disminución de la DBO <sub>5</sub> y la DQO.	Propiedades fisicoquímicas	Concentración Inicial y Final de:  pH  Temperatura  Turbidez  DBO <sub>5</sub>  DQO	Unidad de pH  °C  UNT  mg/l  mg/l
			Eficiencia	$\text{Eficiencia de disminución (\%)} = \frac{\text{Conc. inicial} - \text{Conc. final}}{\text{Conc. inicial}} \times 100$	%

## 2.3 Población y muestra

### 2.3.1 Población

Las aguas provenientes del canal de regadío Chuquitanta E-08, coordenadas S 11° 57'0.3744'' W 77° 5'44.3508'' San Martín de Porres. Caudal aproximado 0.44 m<sup>3</sup>/s. (REYES C. 2012)

### 2.3.2 Muestra

Un volumen de 19 litros de agua para la medición de pH, temperatura, turbidez, DBO<sub>5</sub>, DQO en los tratamientos:

G1: Grupo control

T1: *Aloe Vera L.*

T2: *Opuntia ficus indica*

T3: *Aloe Vera L.*+ *Opuntia ficus indica*

Tabla 10 Población y muestra de la investigación

Grupo Control	Grupo Experimental	Pruebas Iniciales y finales
1 muestra	06 muestras para T1 = <i>Aloe Vera L.</i> 06 muestras para T2 = <i>Opuntia ficus indica</i> 06 muestras para T3 = <i>Aloe Vera L.</i> + <i>Opuntia ficus indica</i>	pH temperatura turbidez DBO <sub>5</sub> DQO
1 litros	18 litros	
<b>Total</b>		
19 litros		

Fuente: Elaboración propia.

La técnica utilizada para el muestreo de la investigación fue no probabilística. (HERNÁNDEZ R. 2010)

Para la ubicación del punto de muestreo se consideró los criterios de identificación, accesibilidad y representatividad de la muestra del canal de regadío Estación N° 08 Chuquitanta – San Martín de Porres (S 11°57′0.3744″ W 77°5′44.3508″), por ser el punto más accesible.

## 2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Tabla 11 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

ETAPA	FUENTE	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	RESULTADOS
Recolección de muestra inicial para el análisis preliminar	Investigador	Observación y experimentación	Tabla N° 5 Cadena de custodia	Conocimiento de las condiciones iniciales del efluente
Obtención del coagulante natural.	Investigador	Observación y experimentación	Tabla N° 6 Etapas del procesos de obtención del coagulante	Coagulante natural en polvo
Test de Jarras con aplicación de coagulantes naturales	Investigador	Observación y experimentación	Tabla N° 7 Factores de control para Test de Jarras	Determinación del tratamiento y dosis optima
Análisis de la muestra tratada	Investigador	Observación y experimentación	Tabla N° 8 Registro de datos iniciales Tabla N° Registro de resultados de análisis finales	Concentración inicial y final de la DBO5 y la DQO (mg/L)
Análisis de resultados	Investigador	Observación y experimentación	Tabla N° 12, 13, 27 y 28 Prueba de t-student  Tabla N° 14, 15 , 29 y 30 Prueba de ANOVA  Tabla N° 14, 15 , 29 y 30 Prueba de ANOVA  Tabla N° 14, 15 , 29 y 30 Prueba de ANOVA  Tabla N° 25 y 39 Prueba de tukey  FIGURA N° 39, 41, 43, 45 Prueba de Normalidad  FIGURA N° 40, 42, 44, 46 Prueba de homogeneidad	Cumplimento de los objetivos de la investigación.

Fuente: Elaboración propia. 2017

## 2.6 Métodos de análisis de datos

En la investigación se utilizó la observación en el análisis de las muestras durante el proceso de la prueba de jarras, puesto que se recogió la información preliminar de la efectividad del coagulante.

Los análisis de la DBO<sub>5</sub> y la DQO se realizaron en el laboratorio de fisicoquímica de la Universidad Cesar Vallejo Sede Lima Norte.

Para realizar el análisis estadístico pertinente se usaran estadística experimental con apoyo del software Minitab. Asimismo se usaron las siguientes herramientas: Tablas de frecuencia, gráficos, prueba de normalidad de residuales, prueba de homocedasticidad y el contraste de hipótesis con la prueba de t-student y ANOVA.

Para determinar la eficiencia de disminución de los de los parámetros DBO<sub>5</sub> y la DQO en la mejor combinación entre tratamiento y dosis se utilizó la siguiente fórmula.

$$\text{Eficiencia de disminución (\%)} = \frac{\text{Concentración inicial} - \text{Concentración final}}{\text{Concentración inicial}} \times 100$$

## 2.7 Aspectos éticos

Se siguieron las pautas establecidas por el diseño de investigación cuantitativa, igualmente se realizará la referencia de los autores para toda la información bibliográfica que se utilice en la presente investigación.

Se respetó la autoría de la información bibliográfica, por ello se hace referencia de los autores con sus respectivos datos de editorial.

**CAPITULO III**  
**RESULTADOS**

### 3.1 Resultados de la DBO<sub>5</sub>

#### Contraste de la Hipótesis General:

**HG<sub>T</sub>:** Los coagulantes naturales (*Aloe Vera L.* y *Opuntia ficus indica*), si disminuyen el contenido de la DBO<sub>5</sub> en las aguas del canal de regadío de Chuquitanta, San Martín de Porres 2017.

#### Planteamiento de hipótesis estadística:

T1: <i>Aloe Vera L.</i>	T2: <i>Opuntia ficus indica</i>	T3: <i>Aloe Vera L. + Opuntia ficus indica</i>
$H_0: \mu_1 = 65.4$ $H_1: \mu_1 < 65.4$	$H_0: \mu_2 = 65.4$ $H_1: \mu_2 < 65.4$	$H_0: \mu_3 = 65.4$ $H_1: \mu_3 < 65.4$

T1: Todos los tratamiento de *Aloe Vera L.*

T2: Todos los tratamiento de *Opuntia ficus indica*.

T3: Todos los tratamientos de *Aloe Vera L. + Opuntia ficus indica*.

#### Nivel de significancia:

$\alpha = 0.05$

#### Estadístico de prueba:

Tabla 12 Prueba t-student para HGT

Variable	N	Media	StDev	SE Mean	95% Upper Bound	T	P
T1-DBO5	6	18.57	4.16	1.70	21.99	-27.57	0.000
T2-DBO5	6	16.93	3.10	1.27	19.48	-38.25	0.000
T3-DBO5	6	15.71	2.70	1.10	17.93	-45.07	0.000

Fuente: elaboración propia

P\_value (T1)= 0.000 <  $\alpha = 0.05$ , entonces se rechaza Ho.

P\_value (T2)= 0.000 <  $\alpha = 0.05$ , entonces se rechaza Ho.

P\_value (T3)= 0.000 <  $\alpha = 0.05$ , entonces se rechaza Ho.

#### Conclusión:

Con un P\_value=0.000 para T1, T2 y T3, entonces se rechaza Ho, por lo tanto se afirma que los coagulantes naturales si disminuyen el contenido de DBO<sub>5</sub> con todos los tratamiento aplicados.



**HG<sub>D</sub>:** Los coagulantes naturales (*Aloe Vera L.* y *Opuntia ficus indica*), si disminuyen el contenido de la DBO<sub>5</sub> en las aguas del canal de regadío de Chuquitanta, San Martín de Porres 2017.

**Planteamiento de hipótesis estadística:**

D1: 600mg/l	D2: 700mg/l	D3: 800mg/l
$H_0: \mu_1 = 65.4$	$H_0: \mu_2 = 65.4$	$H_0: \mu_3 = 65.4$
$H_1: \mu_1 < 65.4$	$H_1: \mu_2 < 65.4$	$H_1: \mu_3 < 65.4$

D1: Todos los tratamientos con dosis de 600 mg/l.

D2: Todos los tratamientos con dosis de 700 mg/l.

D3: Todos los tratamientos con dosis de 800 mg/l.

**Nivel de significancia:**

$\alpha = 0.05$

**Estadístico de prueba:**

Tabla 13 Prueba t-student para HGD

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% Upper Bound	T	P
D1-DBO5	6	20.75	2.56	1.05	24.27	-42.72	0.000
D2-DBO5	6	16.880	0.895	0.365	18.109	-132.86	0.000
D3-DBO5	6	13.580	0.957	0.391	14.895	-132.57	0.000

Fuente: elaboración propia

$P\_value(D1) = 0.000 < \alpha = 0.05$ , entonces se rechaza  $H_0$ .

$P\_value(D2) = 0.000 < \alpha = 0.05$ , entonces se rechaza  $H_0$ .

$P\_value(D3) = 0.000 < \alpha = 0.05$ , entonces se rechaza  $H_0$ .

**Conclusión:**

Con un  $P\_value = 0.000$  para D1, D2 y D3, entonces se rechaza  $H_0$ , por lo tanto se afirma que los coagulantes naturales si disminuyen el contenido de DBO<sub>5</sub> con todas las dosis aplicadas.

### Contraste de la Hipótesis Específica:

**HE<sub>1</sub>:** Los tres tratamientos (*Aloe Vera L.*, *Opuntia ficus indica* y *Aloe Vera L.*+ *Opuntia ficus indica*) si disminuyen el contenido de la DBO5 en las aguas del canal de regadío E-8 Chuquitanta S.M.P. 2017.

#### Planteamiento de hipótesis estadística:

Ho: La disminución de la DBO5 es la misma en los tres tratamientos.

H1: Al menos uno de los tres tratamientos logra mayor disminución de la DBO5.

#### Nivel de significancia:

$\alpha = 0.05$

#### Estadístico de prueba:

Tabla 14 Prueba ANOVA para HE1

Analysis of Variance							
Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Tratam	2	24.72	12.62%	24.72	12.36	1.08	0.364
Error	15	171.20	87.38%	171.20	11.41		
Total	17	195.91	100.00%				

Fuente: elaboración propia

P\_value= 0.364 >  $\alpha = 0.05$ , entonces No se rechaza Ho.

#### Conclusión:

Con un nivel de significancia del 5%, entonces no se rechaza Ho, por lo tanto se puede afirmar que no hay diferencia dentro los tres tratamientos propuestos para disminuir la DBO5, por lo que los tres tratamientos disminuyen igualmente.

**HE<sub>2</sub>:** De las tres dosis (600, 700 y 800 mg/l) aplicadas al menos una disminuye el contenido de la DBO5 en las aguas del canal de regadío E-8 Chuquitanta S.M.P. 2017

#### Planteamiento de hipótesis estadística:

Ho: La disminución de la DBO5 es la misma con la aplicación de las tres dosis.

H1: Al menos una de las tres dosis aplicadas nuestra mayor disminución de la DBO5.

#### Nivel de significancia:

$\alpha = 0.05$

### Estadístico de prueba:

Tabla 15 Prueba ANOVA para HE2

Analysis of Variance							
Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
DOSIS	2	154.55	78.89%	154.55	77.276	28.02	0.000
Error	15	41.36	21.11%	41.36	2.757		
Total	17	195.91	100.00%				

Fuente: elaboración propia

$P\_value = 0.000 < \alpha = 0.05$ , entonces se rechaza  $H_0$ .

### Conclusión:

Con un nivel de significancia del 5%, entonces se rechaza  $H_0$ , por lo tanto se puede afirmar que todas las dosis disminuyen y al menos una de ellas muestra una mayor disminución del contenido de la DBO5.

**HE<sub>3</sub>:** La combinación más eficiente es entre tratamiento 3 (*Aloe Vera L.* + *Opuntia ficus indica*) y dosis 3 (800 mg/l) para la disminución del contenido de la DBO5 en las aguas del canal de regadío E-8 Chuquitanta S.M.P. 2017.

### Planteamiento de hipótesis estadística:

$H_0: \mu_{DT} = \mu_{DT}$

$H_1: \mu_{DT} \neq \mu_{DT}$

### Nivel de significancia:

$\alpha = 0.05$

### Estadísticos de pruebas:

Tabla 16 Medias DBO5 (dosis 600 mg/l vs. Tratamientos)

TRATAM	N	Mean	StDev	95% CI
T1	2	23.46	2.46	( 16.47, 30.45)
T2	2	20.13	1.57	( 13.14, 27.12)
T3	2	18.660	0.255	(11.674, 25.646)

Fuente: elaboración propia

Tabla 17 Comparación de Tukey DBO5 (dosis 600 mg/l vs. Tratamientos)

FACTOR	N	Mean	Grouping
T1	2	23.46	A
T2	2	20.13	A
T3	2	18.660	A

Fuente: elaboración propia

Tabla 18 Pruebas Simultáneas de Tukey para Diferencias de Medias DBO5 (dosis 600 mg/l vs. tratamientos)

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
T2 - T1	-3.33	1.69	(-10.40, 3.74)	-1.97	0.266
T3 - T1	-4.80	1.69	(-11.87, 2.27)	-2.84	0.128
T3 - T2	-1.47	1.69	(-8.54, 5.60)	-0.87	0.693

Fuente: elaboración propia

Tabla 19 Medias DBO5 (dosis 700 mg/l vs. Tratamientos)

Tratamiento	N	Mean	StDev	99% CI
T1	2	17.5800	0.0849	(15.9677, 19.1923)
T2	2	17.250	0.382	( 15.638, 18.862)
T3	2	15.810	0.552	( 14.198, 17.422)

Fuente: elaboración propia

Tabla 20 Comparación de Tukey DBO5 (dosis 700 mg/l vs. Tratamientos)

Tratamiento	N	Mean	Grouping
T1	2	17.5800	A
T2	2	17.250	A B
T3	2	15.810	B

Fuente: elaboración propia

Tabla 21 Pruebas Simultáneas de Tukey para Diferencias de Medias DBO6 (dosis 700 mg/l vs. tratamientos)

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
T2 - T1	-0.330	0.390	(-1.961, 1.301)	-0.85	0.705
T3 - T1	-1.770	0.390	(-3.401, -0.139)	-4.53	0.040
T3 - T2	-1.440	0.390	(-3.071, 0.191)	-3.69	0.069

Fuente: elaboración propia

Tabla 22 Medias DBO5 (dosis 800 mg/l vs. Tratamientos)

Tratamiento	N	Mean	StDev	99% CI
T1	2	14.670	0.552	(13.058, 16.282)
T2	2	13.410	0.297	(11.798, 15.022)
T3	2	12.660	0.255	(11.048, 14.272)

Fuente: elaboración propia

Tabla 23 Comparación de Tukey DBO5 (dosis 800 mg/l vs. Tratamientos)

Tratamiento	N	Mean	Grouping
T1	2	14.670	A
T2	2	13.410	A B
T3	2	12.660	B

Fuente: elaboración propia

Tabla 24 Pruebas Simultáneas de Tukey para Diferencias de Medias DBO5 (dosis 800 mg/l vs. tratamientos)

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
T2 - T1	-1.260	0.390	(-2.891, 0.371)	-3.23	0.095
T3 - T1	-2.010	0.390	(-3.641, -0.379)	-5.15	0.029
T3 - T2	-0.750	0.390	(-2.381, 0.881)	-1.92	0.278

Fuente: elaboración propia

Tabla 25 Prueba Tukey para HE3

Resultados DBO5	T1: <i>Aloe Vera</i> L.	% Eficiencia de disminución	T2: <i>Opuntia ficus indica</i>	% Eficiencia de disminución	T3: <i>Aloe Vera</i> L. + <i>Opuntia ficus indica</i>	% Eficiencia de disminución	Comparaciones	P_valor
D1: 600 mg/l	$\mu_{1-1}=23.46$ $s_{1-1}=2.46$	64.13	$\mu_{1-1}=20.13$ $s_{1-1}=1.57$	69.22	$\mu_{1-1}=18.66$ $s_{1-1}=0.255$	71.47	$\mu_{1-2} = \mu_{1-1}$	0.266
							$\mu_{1-3} = \mu_{1-1}$	0.128
							$\mu_{1-3} = \mu_{1-2}$	0.693
D2: 700mg/l	$\mu_{2-1}=17.58$ $s_{2-1}=0.0849$	73.12	$\mu_{2-1}=17.25$ $s_{2-1}=0.382$	73.62	$\mu_{2-1}=15.810$ $s_{2-1}=0.552$	75.83	$\mu_{2-2} = \mu_{2-1}$	0.705
							$\mu_{2-3} \neq \mu_{2-1}$	0.040
							$\mu_{2-3} = \mu_{2-2}$	0.069
D3: 800 mg/l	$\mu_{3-1}=14.67$ $s_{3-1}=0.552$	77.57	$\mu_{3-1}=13.41$ $s_{3-1}=0.297$	79.5	$\mu_{3-1}=12.66$ $s_{3-1}=0.255$	80.64	$\mu_{3-2} = \mu_{3-1}$	0.095
							$\mu_{3-3} \neq \mu_{3-1}$	0.029
							$\mu_{3-3} = \mu_{3-2}$	0.278

Fuente: elaboración propia

## Conclusión:

Con un  $P_{\text{valor}} = 0,266 > 0,05$ , entonces no se rechaza  $H_0$ , por lo que estadísticamente se puede afirmar que entre la comparación del  $\mu_{1-2}$  y  $\mu_{1-1}$  ambos son iguales entre sí.

Con un  $P_{\text{valor}} = 0,128 > 0,05$ , entonces no se rechaza  $H_0$ , por lo que estadísticamente se puede afirmar que entre la comparación del  $\mu_{1-3}$  y  $\mu_{1-1}$  ambos son iguales entre sí.

Con un  $P_{\text{valor}} = 0,693 > 0,05$ , entonces no se rechaza  $H_0$ , por lo que estadísticamente se puede afirmar que entre la comparación del  $\mu_{1-3}$  y  $\mu_{1-2}$  ambos son iguales entre sí.

Con un  $P_{\text{valor}} = 0,705 > 0,05$ , entonces no se rechaza  $H_0$ , por lo que estadísticamente se puede afirmar que entre la comparación del  $\mu_{2-2} = \mu_{2-1}$  ambos son iguales entre sí.

Con un  $P_{\text{valor}} = 0,040 < 0,05$ , entonces se rechaza  $H_0$ , por lo que estadísticamente se puede afirmar que entre la comparación del  $\mu_{2-3}$  y  $\mu_{2-1}$  existe diferencia.

Con un  $P_{\text{valor}} = 0,069 > 0,05$ , entonces no se rechaza  $H_0$ , por lo que estadísticamente se puede afirmar que entre la comparación del  $\mu_{2-3}$  y  $\mu_{2-2}$  ambos son iguales entre sí.

Con un  $P_{\text{valor}} = 0,095 > 0,05$ , entonces no se rechaza  $H_0$ , por lo que estadísticamente se puede afirmar que entre la comparación del  $\mu_{3-2}$  y  $\mu_{3-1}$  ambos son iguales entre sí.

Con un  $P_{\text{valor}} = 0,029 < 0,05$ , entonces se rechaza  $H_0$ , por lo que estadísticamente se puede afirmar que entre la comparación del  $\mu_{3-3}$  y  $\mu_{3-1}$  existe diferencia.

Con un  $P_{\text{valor}} = 0,278 > 0,05$ , entonces no se rechaza  $H_0$ , por lo que estadísticamente se puede afirmar que entre la comparación del  $\mu_{3-3}$  y  $\mu_{3-2}$  ambos son iguales entre sí.

Por lo tanto la combinación entre tratamiento 3 con dosis 3 es la más eficiente para disminuir el contenido de DBO<sub>5</sub>.

### **PRUEBA DE HIPOTESIS PARA COMPROBAR EL SUPUESTO DE LA NORMALIDAD DE LOS RESIDUALES DE LA DBO5 POR TRATAMIENTO:**

T1: *Aloe Vera L.*

T2: *Opuntia ficus indica*

T3: *Aloe Vera L.*+ *Opuntia ficus indica*

Planteamiento de hipótesis estadística:

H<sub>0</sub>: Los residuales de la DBO5 tienen una distribución Normal.

H<sub>1</sub>: Los residuales de la DBO5 no tienen una distribución Normal.

Nivel de significancia:

$\alpha = 0.05$

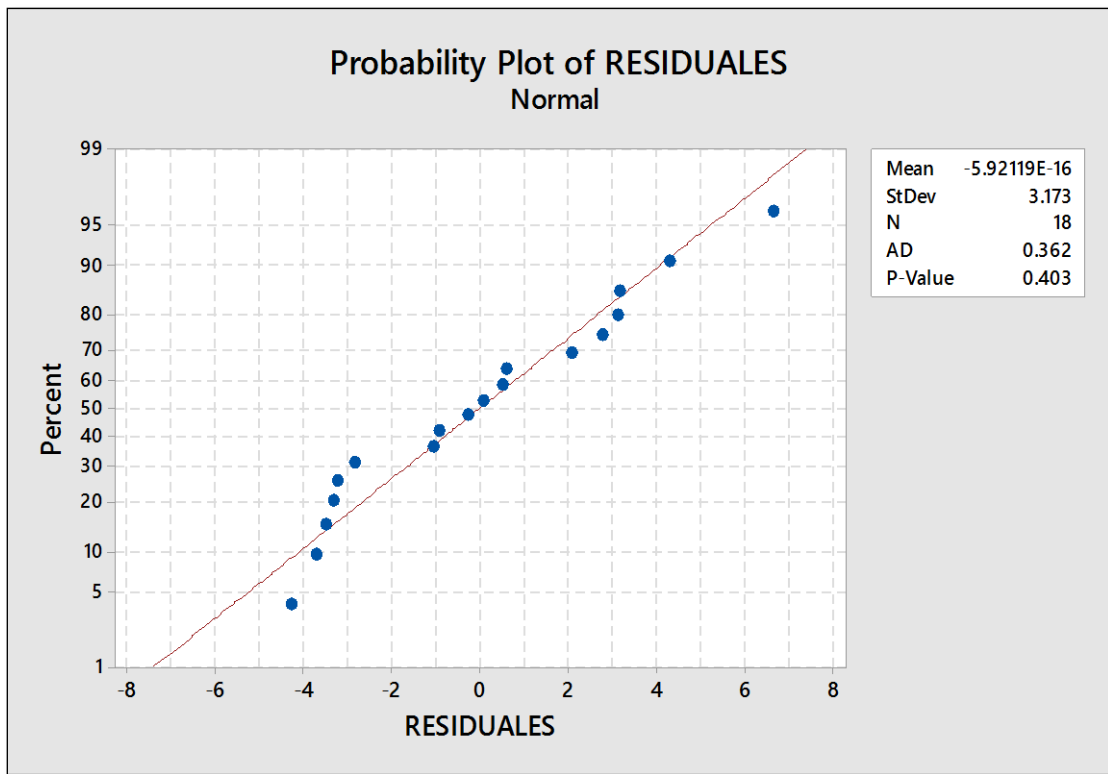
Estadístico de prueba:

Prueba de Anderson AD=0.362      P\_value= 0.403 >  $\alpha = 0.05$ , entonces No se rechaza H<sub>0</sub>.

Conclusión:

Con un nivel de significación del 5%, se puede afirmar que los residuales de la DBO5 tienen una distribución normal, por lo tanto el contraste de la hipótesis sobre que tratamiento T1, T2 o T3 de coagulante natural (*Aloe Vera L.* y *Opuntia ficus indica*) disminuye la DBO5 se realiza con estadística paramétrica utilizando un análisis de varianza.

Figura 39 Normalidades de los residuales de la DBO5 por tratamiento



Fuente: elaboración propia

### PRUEBA DE HIPOTESIS PARA COMPROBAR EL SUPUESTO HOMOCEDASTICIDAD DBO5 POR TRATAMIENTO:

T1: *Aloe Vera L.*

T2: *Opuntia ficus indica*

T3: *Aloe Vera L.*+ *Opuntia ficus indica*

#### Planteamiento de hipótesis estadística:

Ho: Las varianzas del indicador de la DBO5 son homogéneas para los tres tratamientos.

H1: Las varianzas del indicador de la DBO5 son heterogéneas para los tres tratamientos.

#### Nivel de significancia:

$\alpha = 0.05$

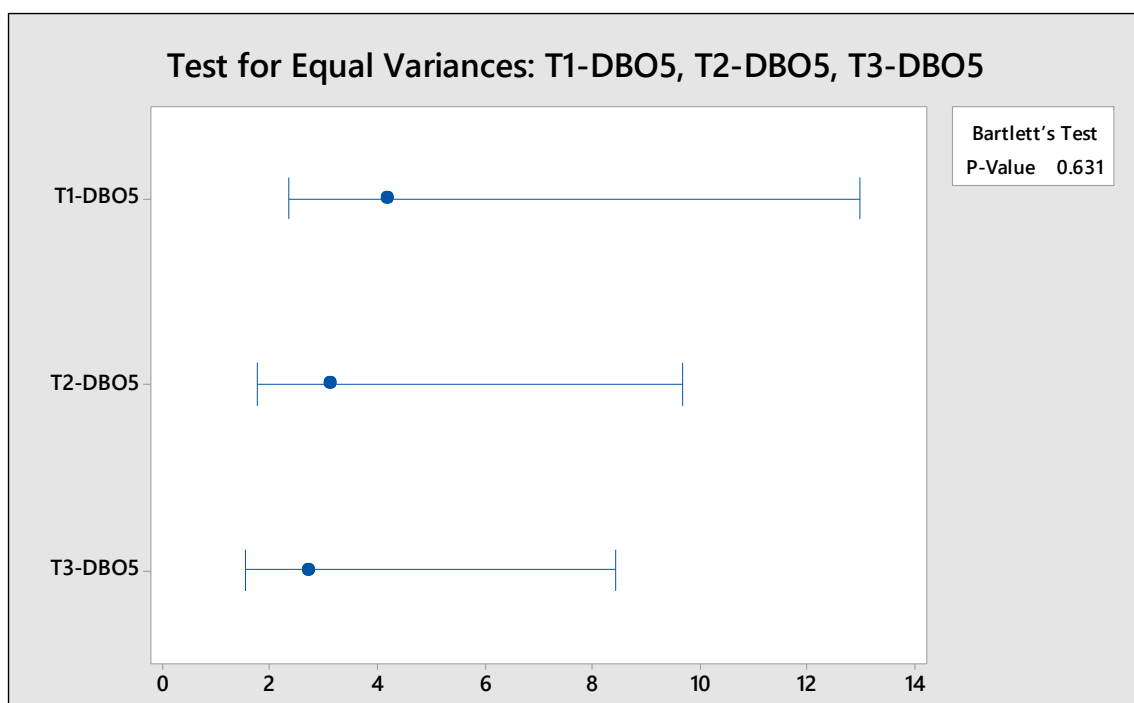
#### Estadístico de prueba:

Test de Bartlett = 0.92      P\_value = 0.631 >  $\alpha = 0.05$ , entonces No se rechaza Ho.

### Conclusión:

Con un nivel de significación del 5%, se puede afirmar que Las varianzas del indicador de la DBO5 son homogéneas para los tres tratamientos, por lo tanto el contraste de la hipótesis sobre que tratamiento T1, T2 o T3 de coagulante natural (*Aloe Vera L.* y *Opuntia ficus indica*) disminuye la DBO5 se realiza con estadística paramétrica utilizando un análisis de varianza.

Figura 40 Homocedasticidad de la DBO5 por tratamiento



Fuente: elaboración propia

### PRUEBA DE HIPOTESIS PARA COMPROBAR EL SUPUESTO DE LA NORMALIDAD DE LOS RESIDUALES DE LA DBO5 POR DOSIS:

D1: 600 mg/l

D2: 700 mg/l

D3: 800 mg/l

### Planteamiento de hipótesis estadística:

Ho: Los residuales de la DBO5 tienen una distribución Normal.

H1: Los residuales de la DBO5 no tienen una distribución Normal.



Nivel de significancia:

$\alpha = 0.05$

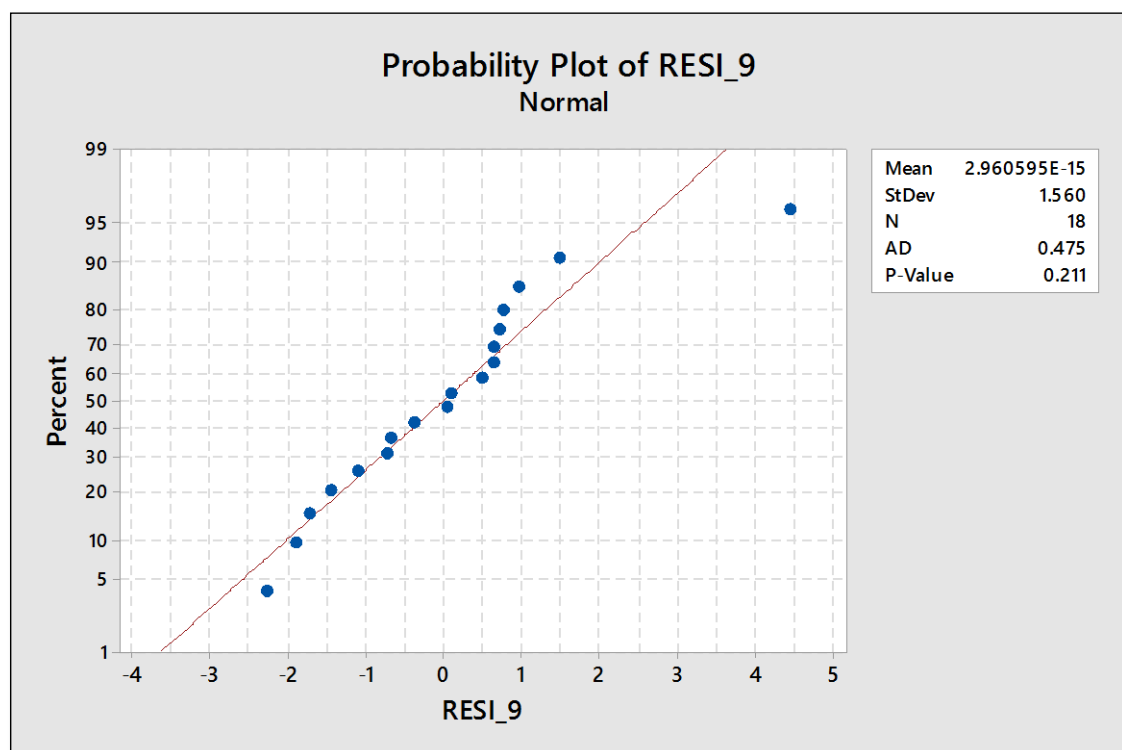
Estadístico de prueba:

Prueba de Anderson AD=0.475      P\_value= 0.211 >  $\alpha = 0.05$ , entonces No se rechaza Ho.

Conclusión:

Con un nivel de significación del 5%, se puede afirmar que los residuales de la DBO5 tienen una distribución normal, por lo tanto el contraste de la hipótesis sobre que dosis (600, 700 o 800 mg/l) de coagulante natural (*Aloe Vera L.* y *Opuntia ficus indica*) disminuye la DBO5 se realiza con estadística paramétrica utilizando un análisis de varianza.

Figura 41 Normalidades de los residuales de la DBO5 por dosis



Fuente: elaboración propia

**PRUEBA DE HIPOTESIS PARA COMPROBAR EL SUPUESTO HOMOCEDASTICIDAD DBO5 POR DOSIS:**

D1: 600 mg/l

D2: 700 mg/l

D3: 800 mg/l

#### Planteamiento de hipótesis estadística:

H<sub>0</sub>: Las varianzas del indicador de la DBO<sub>5</sub> son homogéneas para los tres tratamientos.

H<sub>1</sub>: Las varianzas del indicador de la DBO<sub>5</sub> son heterogéneas para los tres tratamientos.

#### Nivel de significancia:

$\alpha = 0.05$

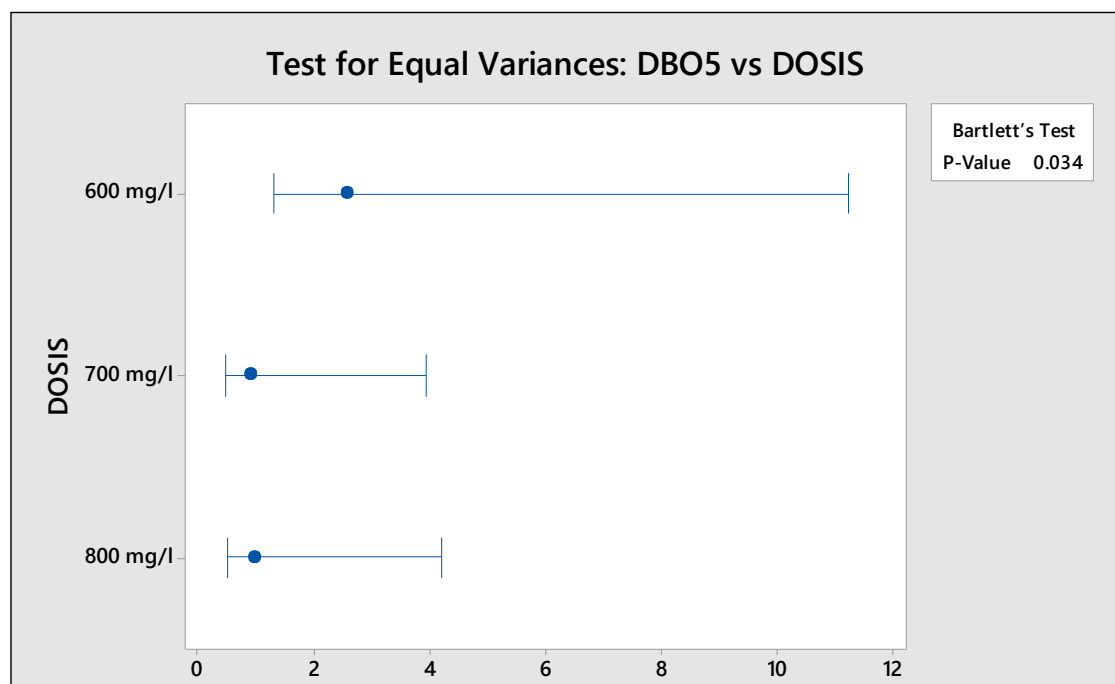
#### Estadístico de prueba:

Test de Bartlett = 6.71      P\_value = 0.034 >  $\alpha = 0.05$ , entonces No se rechaza H<sub>0</sub>.

#### Conclusión:

Con un nivel de significación del 5%, se puede afirmar que las varianzas del indicador de la DBO<sub>5</sub> son homogéneas para las tres dosis, por lo tanto el contraste de la hipótesis sobre que dosis (600, 700 o 800 mg/l) de coagulante natural (*Aloe Vera L.* y *Opuntia Ficus Indica*) disminuye la DBO<sub>5</sub> se realiza con estadística paramétrica utilizando un análisis de varianza.

Figura 42 Homocedasticidad de la DBO<sub>5</sub> por dosis



Fuente: elaboración propia

### 3.2 Resultados de la DQO

#### Contraste de la Hipótesis General:

**HG<sub>T</sub>:** Los coagulantes naturales (*Aloe Vera L.* y *Opuntia ficus indica*), si disminuyen el contenido de DQO en las aguas del canal de regadío de Chuquitanta, San Martín de Porres 2017.

#### Planteamiento de hipótesis estadística:

T1: <i>Aloe Vera L.</i>	T2: <i>Opuntia ficus indica</i>	T3: <i>Aloe Vera L. + Opuntia ficus indica</i>
$H_0: \mu_1 = 833.04$ $H_1: \mu_1 < 833.04$	$H_0: \mu_2 = 833.04$ $H_1: \mu_2 < 833.04$	$H_0: \mu_3 = 833.04$ $H_1: \mu_3 < 833.04$

T1: Todos los tratamiento de *Aloe Vera L.*

T2: Todos los tratamiento de *Opuntia ficus indica*.

T3: Todos los tratamientos de *Aloe Vera L. + Opuntia ficus indica*.

#### Nivel de significancia:

$\alpha = 0.05$

#### Estadístico de prueba:

Tabla 26 Prueba t-student para HGT

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% Upper Bound	T	P
T1-DQO	6	285.7	135.6	55.4	397.2	-9.89	0.000
T2-DQO	6	240.1	137.2	56.0	353.0	-10.58	0.000
T3-DQO	6	186.2	103.4	42.2	271.3	-15.32	0.000

Fuente: elaboración propia

$P\_value(T1) = 0.000 < \alpha = 0.05$ , entonces se rechaza  $H_0$ .

$P\_value(T2) = 0.000 < \alpha = 0.05$ , entonces se rechaza  $H_0$ .

$P\_value(T3) = 0.000 < \alpha = 0.05$ , entonces se rechaza  $H_0$ .

#### Conclusión:

Con un  $P\_value = 0.000$  para T1, T2 y T3, entonces se rechaza  $H_0$ , por lo tanto se afirma que los coagulantes naturales si disminuyen el contenido de DQO con todos los tratamiento aplicados.

**HG<sub>D</sub>:** Los coagulantes naturales (*Aloe Vera L.* y *Opuntia ficus indica*), si disminuyen el contenido de DQO en las aguas del canal de regadío de Chuquitanta, San Martín de Porres 2017.

**Planteamiento de hipótesis estadística:**

D1: 600 mg/l	D2: 700 mg/l	D3: 800 mg/l
$H_0: \mu_1 = 833.04$	$H_0: \mu_2 = 833.04$	$H_0: \mu_3 = 833.04$
$H_1: \mu_1 < 833.04$	$H_1: \mu_2 < 833.04$	$H_1: \mu_3 < 833.04$

D1: Todos los tratamientos con dosis de 600 mg/l.

D2: Todos los tratamientos con dosis de 700 mg/l.

D3: Todos los tratamientos con dosis de 800 mg/l.

**Nivel de significancia:**

$\alpha = 0.05$

**Estadístico de prueba:**

Tabla 27 Prueba t-student para HGD

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% Upper Bound	T	P
D1-DQO	6	388.5	71.2	29.1	486.2	-15.30	0.000
D2-DQO	6	207.3	40.8	16.7	263.4	-37.54	0.000
D3-DQO	6	116.2	32.6	13.3	161.0	-53.86	0.000

Fuente: elaboración propia

$P\_value(D1) = 0.000 < \alpha = 0.05$ , entonces se rechaza  $H_0$ .

$P\_value(D2) = 0.000 < \alpha = 0.05$ , entonces se rechaza  $H_0$ .

$P\_value(D3) = 0.000 < \alpha = 0.05$ , entonces se rechaza  $H_0$ .

**Conclusión:**

Con un  $P\_value = 0.000$  para D1, D2 y D3, entonces se rechaza  $H_0$ , por lo tanto se afirma que los coagulantes naturales si disminuyen el contenido de DQO con todas las dosis aplicadas.

## CONTRASTE DE LA HIPÓTESIS ESPECÍFICA:

**HE<sub>1</sub>:** Los tres tratamientos (*Aloe Vera L.*, *Opuntia ficus indica* y *Aloe Vera L.*+ *Opuntia ficus indica*) si disminuyen el contenido de DQO en las aguas del canal de regadío E-8 Chuquitanta S.M.P. 2017.

Planteamiento de hipótesis estadística:

Ho: La disminución de la DQO es la misma en los tres tratamientos.

H1: Al menos uno de los tres tratamientos logra mayor disminución de la DQO.

Nivel de significancia:

$\alpha = 0.05$

Estadístico de prueba:

Tabla 28 Prueba ANOVA para HE1

Analysis of Variance							
Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Tratamiento	2	29741	11.04%	29741	14870	0.93	0.416
Error	15	239668	88.96%	239668	15978		
Total	17	269409	100.00%				

Fuente: elaboración propia

P\_value= 0.416 >  $\alpha = 0.05$ , entonces No se rechaza Ho.

Conclusión:

Con un nivel de significancia del 5%, entonces no se rechaza Ho, por lo tanto se puede afirmar que no hay diferencia dentro los tres tratamientos propuestos para disminuir la DQO, por lo que los tres tratamientos disminuyen igualmente.

**HE<sub>2</sub>:** De las tres dosis (600, 700 y 800 mg/l) aplicadas al menos una disminuye el contenido de la DQO en las aguas del canal de regadío E-8 Chuquitanta S.M.P. 2017

Planteamiento de hipótesis estadística:

Ho: La disminución de la DQO es la misma con la aplicación de las tres dosis

H1: Al menos una de las tres dosis aplicadas logra mayor disminución de la DQO.

Nivel de significancia:

$\alpha = 0.05$

### Estadístico de prueba:

Tabla 29 Prueba ANOVA para HE2

Analysis of Variance							
Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
DOSIS	2	230433	85.53%	230433	115216	44.34	0.000
Error	15	38976	14.47%	38976	2598		
Total	17	269409	100.00%				

Fuente: elaboración propia

$P\_value = 0.000 < \alpha = 0.05$ , entonces se rechaza  $H_0$ .

### Conclusión:

Con un nivel de significancia del 5%, entonces se rechaza  $H_0$ , por lo tanto se puede afirmar que todas las dosis disminuyen y al menos una de ellas muestra una mayor disminución del contenido de la DQO.

**HE<sub>3</sub>:** La combinación más eficiente es entre tratamiento 3 (*Aloe Vera L.* + *Opuntia ficus indica*) y dosis 3 (800 mg/l) para la disminución del contenido de DQO en las aguas del canal de regadío E-8 Chuquitanta S.M.P. 2017.

### Planteamiento de hipótesis estadística:

$H_0: \mu_{DT} = \mu_{DT}$

$H_1: \mu_{DT} \neq \mu_{DT}$

### Nivel de significancia:

$\alpha = 0.05$

### Estadístico de prueba:

Tabla 30 Medias DQO (dosis 600 mg/l vs. Tratamientos)

FACTOR	N	Mean	StDev	95% CI
T1	2	449.0	23.6	( 312.1, 585.9)
T2	2	410.70	7.07	(273.84, 547.56)
T3	2	305.6	51.8	( 168.8, 442.5)

Fuente: elaboración propia

Tabla 31 Comparación de Tukey DQO (dosis 600 mg/l vs. Tratamientos)

FACTOR	N	Mean	Grouping
T1	2	449.0	A
T2	2	410.70	A B
T3	2	305.6	B

Fuente: elaboración propia

Tabla 32 Pruebas Simultáneas de Tukey para Diferencias de Medias DQO (dosis 600 mg/l vs. tratamientos)

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
T2 - T1	-38.3	33.1	(-176.8, 100.2)	-1.16	0.550
T3 - T1	-143.4	33.1	(-281.8, -4.9)	-4.33	0.046
T3 - T2	-105.1	33.1	(-243.5, 33.4)	-3.17	0.099

Fuente: elaboración propia

Tabla 33 Medias DQO (dosis 700 mg/l vs. Tratamientos)

Tratamiento	N	Mean	StDev	95% CI
T1	2	257.35	2.33	(217.26, 297.44)
T2	2	194.00	11.74	(153.91, 234.09)
T3	2	170.65	11.81	(130.56, 210.74)

Fuente: elaboración propia

Tabla 34 Comparación de Tukey DQO (dosis 700 mg/l vs. Tratamientos)

Tratamiento	N	Mean	Grouping
T1	2	257.35	A
T2	2	194.00	B
T3	2	170.65	B

Fuente: elaboración propia

Tabla 35 Pruebas Simultáneas de Tukey para Diferencias de Medias DQO (dosis 700 mg/l vs. tratamientos)

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
T2 - T1	-63.35	9.71	(-103.92, -22.78)	-6.53	0.015
T3 - T1	-86.70	9.71	(-127.27, -46.13)	-8.93	0.006
T3 - T2	-23.35	9.71	( -63.92, 17.22)	-2.41	0.182

Fuente: elaboración propia

Tabla 36 Medias DQO (dosis 800 mg/l vs. Tratamientos)

Tratamiento	N	Mean	StDev	95% CI
T1	2	150.65	2.33	(89.93, 211.37)
T2	2	115.7	23.5	( 54.9, 176.4)
T3	2	82.35	9.40	(21.63, 143.07)

Fuente: elaboración propia

Tabla 37 Comparación de Tukey DQO (dosis 800 mg/l vs. Tratamientos)

Tratamiento	N	Mean	Grouping
T1	2	150.65	A
T2	2	115.7	A B
T3	2	82.35	B

Fuente: elaboración propia

Tabla 38 Pruebas Simultáneas de Tukey para Diferencias de Medias DQO (dosis 800 mg/l vs. tratamientos)

Difference of Levels	Difference of Means	SE of Difference	95% CI	T-Value	Adjusted P-Value
T2 - T1	-35.0	14.7	( -96.4, 26.4)	-2.38	0.186
T3 - T1	-68.3	14.7	(-129.7, -6.9)	-4.65	0.038
T3 - T2	-33.3	14.7	( -94.7, 28.1)	-2.27	0.205

Fuente: elaboración propia

Tabla 39 Prueba Tukey para HE3

Resultados DQO	T1: Aloe Vera L.	% Eficiencia de disminución	T2: Opuntia ficus indica	% Eficiencia de disminución	T3: Aloe Vera L. + Opuntia ficus indica	% Eficiencia de disminución	Comparaciones	P_valor
D1: 600 mg/l	$\mu 1=449.0$ $s1=23.6$	46.1	$\mu 1=410.7$ $s1=7.07$	50.7	$\mu 1=305.6$ $s1=51.8$	63.32	$\mu 1= \mu 2$	0.55
							$\mu 1-3 \neq \mu 1-1$	0.046
							$\mu 1-3 = \mu 1-2$	0.099
D2: 700mg/l	$\mu 2=257.35$ $s2=2.33$	69.11	$\mu 2=194.0$ $s2=11.74$	76.71	$\mu 2=170.65$ $s2=11.81$	79.51	$\mu 2-2 \neq \mu 2-1$	0.015
							$\mu 2-3 \neq \mu 2-1$	0.006
							$\mu 2-3 = \mu 2-1$	0.182
D3: 800 mg/l	$\mu 3=150.65$ $s3=2.33$	81.92	$\mu 3=115.7$ $s3=23.5$	86.11	$\mu 3=82.35$ $s3=9.40$	90.11	$\mu 3-1 = \mu 3-2$	0.186
							$\mu 3-3 \neq \mu 3-1$	0.038
							$\mu 3-3 = \mu 3-2$	0.205

Fuente: elaboración propia

## Conclusión:

Con un  $P\_valor = 0,050 > 0,05$ , entonces no se rechaza  $H_0$ , por lo que estadísticamente se puede afirmar que entre la comparación del  $\mu 1-1$  y  $\mu 1-2$  ambos son iguales entre sí.

Con un  $P\_valor = 0,046 < 0,05$ , entonces se rechaza  $H_0$ , por lo que estadísticamente se puede afirmar que entre la comparación del  $\mu 1-3$  y  $\mu 1-1$  existe diferencia.

Con un  $P\_valor = 0,099 > 0,05$ , entonces no se rechaza  $H_0$ , por lo que estadísticamente se puede afirmar que entre la comparación del  $\mu 1-3$  y  $\mu 1-2$  ambos son iguales entre sí.

Con un  $P\_valor = 0,015 < 0,05$ , entonces se rechaza  $H_0$ , por lo que estadísticamente se puede afirmar que entre la comparación del  $\mu 2-2$  y  $\mu 2-1$  existe diferencia.

Con un  $P\_valor = 0,006 < 0,05$ , entonces se rechaza  $H_0$ , por lo que estadísticamente se puede afirmar que entre la comparación del  $\mu 2-3$  y  $\mu 2-1$  existe diferencia.

Con un  $P\_valor = 0,182 > 0,05$ , entonces no se rechaza  $H_0$ , por lo que estadísticamente se puede afirmar que entre la comparación del  $\mu 2-3$  y  $\mu 2-1$  ambos son iguales entre sí.

Con un  $P\_valor = 0,186 > 0,05$ , entonces no se rechaza  $H_0$ , por lo que estadísticamente se puede afirmar que entre la comparación del  $\mu 3-1$  y  $\mu 3-2$  ambos son iguales entre sí.

Con un  $P\_valor = 0,038 < 0,05$ , entonces se rechaza  $H_0$ , por lo que estadísticamente se puede afirmar que entre la comparación del  $\mu 3-3$  y  $\mu 3-1$  existe diferencia.

Con un  $P\_valor = 0,205 > 0,05$ , entonces no se rechaza  $H_0$ , por lo que estadísticamente se puede afirmar que entre la comparación del  $\mu 3-3$  y  $\mu 3-2$  ambos son iguales entre sí.



Por lo tanto la combinación entre tratamiento 3 con dosis 3 es la más eficiente para disminuir el contenido de DQO.

### **PRUEBA DE HIPOTESIS PARA COMPROBAR EL SUPUESTO DE LA NORMALIDAD DE LOS RESIDUALES DE DQO POR TRATAMIENTO:**

T1: *Aloe Vera L.*

T2: *Opuntia ficus indica*

T3: *Aloe Vera L.*+ *Opuntia ficus indica*

Planteamiento de hipótesis estadística:

H<sub>0</sub>: Los residuales de DQO tienen una distribución Normal.

H<sub>1</sub>: Los residuales de DQO no tienen una distribución Normal.

Nivel de significancia:

$\alpha = 0.05$

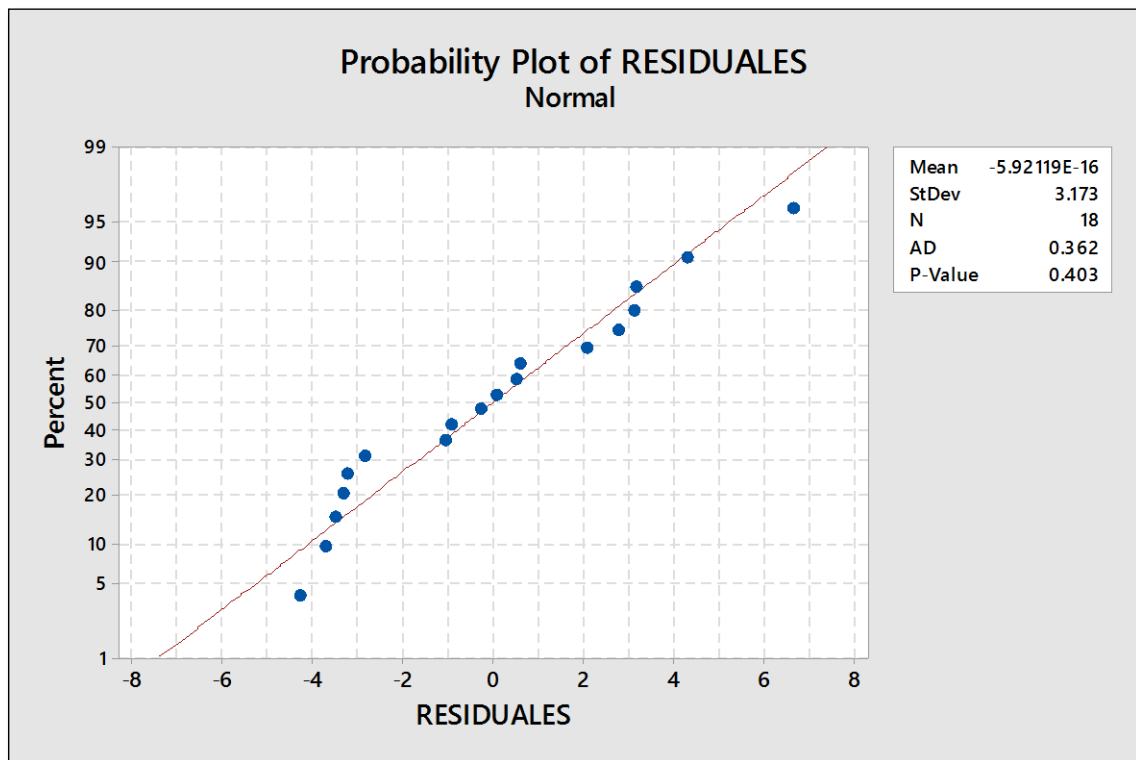
Estadístico de prueba:

Prueba de Anderson AD=0.362      P\_value= 0.403 >  $\alpha = 0.05$ , entonces No se rechaza H<sub>0</sub>.

Conclusión:

Con un nivel de significación del 5%, se puede afirmar que los residuales de DQO tienen una distribución normal, por lo tanto el contraste de la hipótesis sobre que tratamiento T1, T2 o T3 de coagulante natural (*Aloe Vera L.* y *Opuntia ficus indica*) disminuye el contenido de DQO se realiza con estadística paramétrica utilizando un análisis de varianza.

Figura 43 Normalidades de los residuales de la DQO por tratamiento



Fuente: elaboración propia

### PRUEBA DE HIPOTESIS PARA COMPROBAR EL SUPUESTO HOMOCEDASTICIDAD DQO POR TRATAMIENTO:

T1: *Aloe Vera L.*

T2: *Opuntia ficus indica*

T3: *Aloe Vera L.+ Opuntia ficus indica*

#### Planteamiento de hipótesis estadística:

Ho: Las varianzas del indicador de DQO son homogéneas para los tres tratamientos.

H1: Las varianzas del indicador de DQO son heterogéneas para los tres tratamientos.

#### Nivel de significancia:

$\alpha = 0.05$

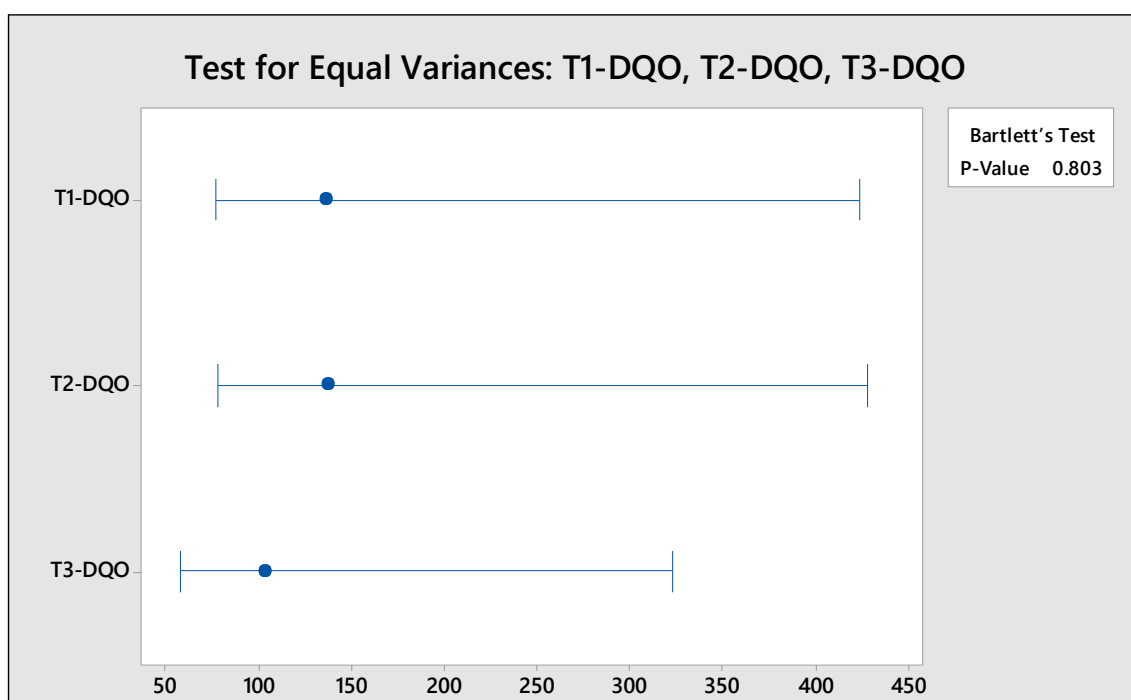
#### Estadístico de prueba:

Test de Bartlett = 0.42      P\_value = 0.803 >  $\alpha = 0.05$ , entonces No se rechaza Ho.

### Conclusión:

Con un nivel de significación del 5%, se puede afirmar que las varianzas del indicador de DQO son homogéneas para los tres tratamientos, por lo tanto el contraste de la hipótesis sobre que tratamiento T1, T2 o T3 de coagulante natural (*Aloe Vera L.* y *Opuntia ficus indica*) disminuye el contenido de DQO se realiza con estadística paramétrica utilizando un análisis de varianza.

Figura 44 Homocedasticidad de la DQO por tratamiento



Fuente: elaboración propia

### PRUEBA DE HIPOTESIS PARA COMPROBAR EL SUPUESTO DE LA NORMALIDAD DE LOS RESIDUALES DE DQO POR DOSIS:

D1: 600 mg/l

D2: 700 mg/l

D3: 800 mg/l

### Planteamiento de hipótesis estadística:

H<sub>0</sub>: Los residuales de DQO tienen una distribución Normal.

H<sub>1</sub>: Los residuales de DQO no tienen una distribución Normal.

Nivel de significancia:

$\alpha = 0.05$

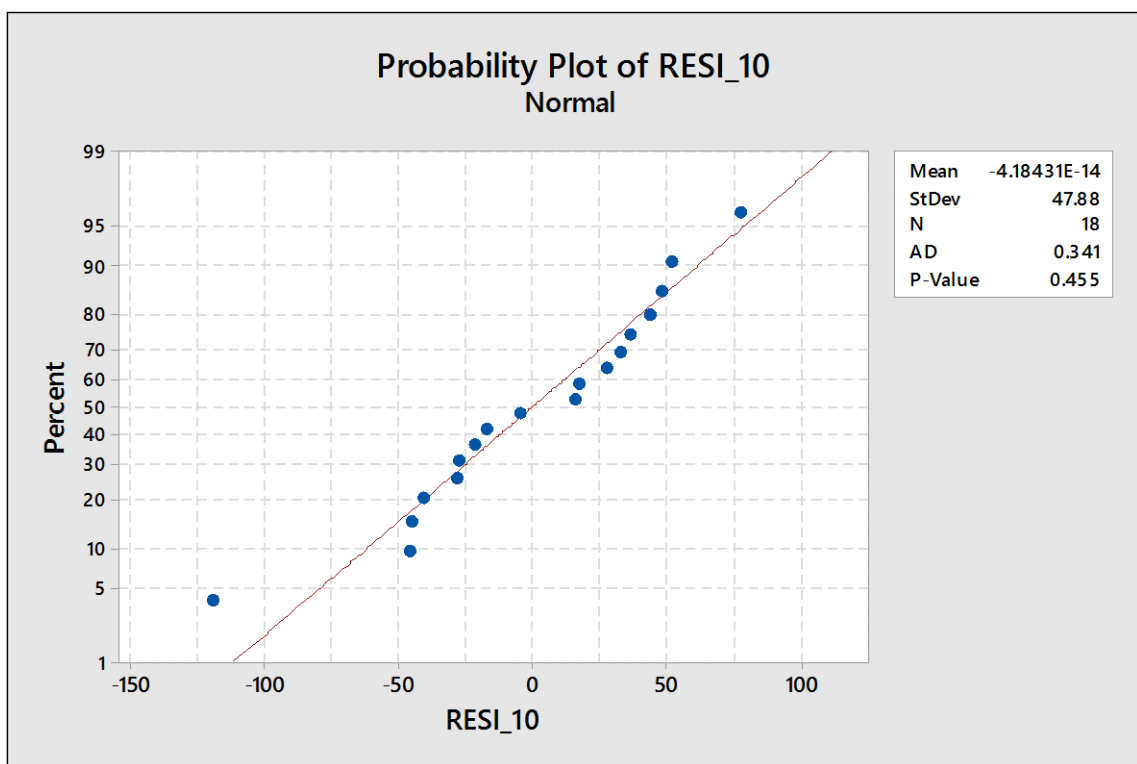
Estadístico de prueba:

Prueba de Anderson AD=0.341      P\_value= 0.455 >  $\alpha = 0.05$ , entonces No se rechaza  $H_0$ .

Conclusión:

Con un nivel de significación del 5%, se puede afirmar que los residuales de DQO tienen una distribución normal, por lo tanto el contraste de la hipótesis sobre que dosis (600, 700 o 800 mg/l) de coagulante natural (*Aloe Vera L.* y *Opuntia ficus indica*) disminuye el contenido de DQO se realiza con estadística paramétrica utilizando un análisis de varianza.

Figura 45 Normalidades de los residuales de la DQO por dosis



Fuente: elaboración propia

**PRUEBA DE HIPOTESIS PARA COMPROBAR EL SUPUESTO HOMOCEDASTICIDAD DQO POR DOSIS:**

D1: 600 mg/l

D2: 700 mg/l

D3: 800 mg/l

#### Planteamiento de hipótesis estadística:

Ho: Las varianzas del indicador de DQO son homogéneas para los tres tratamientos.

H1: Las varianzas del indicador de DQO son heterogéneas para los tres tratamientos.

#### Nivel de significancia:

$\alpha = 0.05$

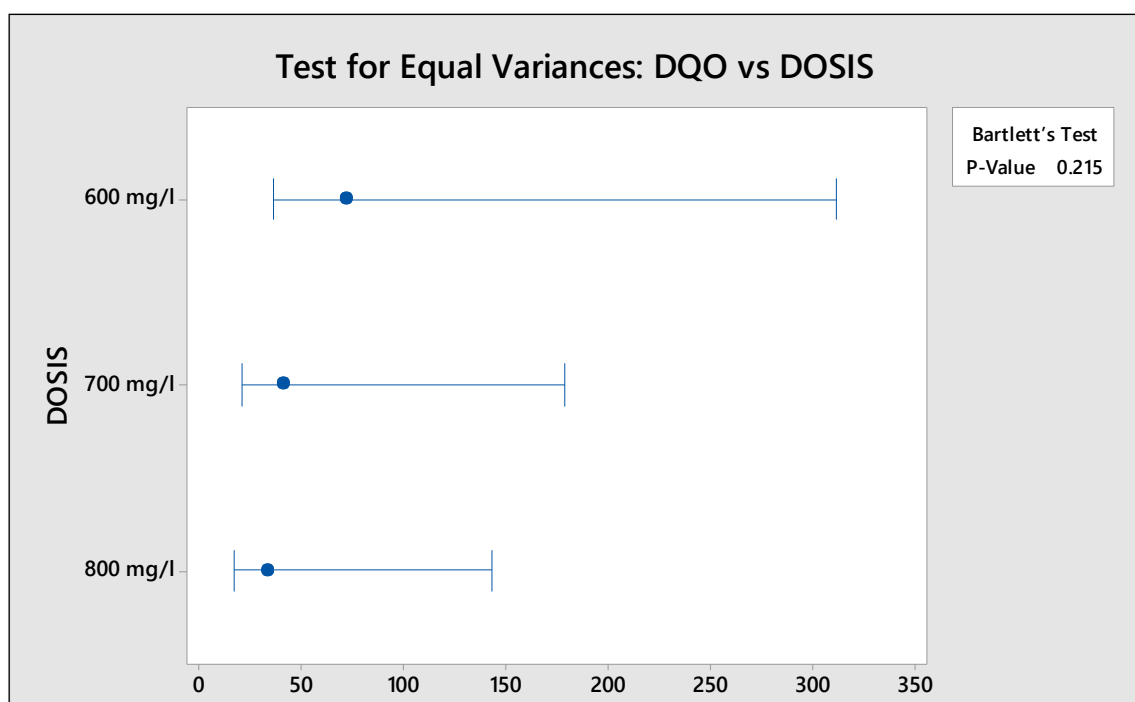
#### Estadístico de prueba:

Test de Bartlett = 3.08     P\_value = 0.215 >  $\alpha = 0.05$ , entonces No se rechaza Ho.

#### Conclusión:

Con un nivel de significación del 5%, se puede afirmar que las varianzas del indicador de DQO son homogéneas para las tres dosis, por lo tanto el contraste de la hipótesis sobre que dosis (600, 700 o 800 mg/l) de coagulante natural (*Aloe Vera L.* y *Opuntia ficus indica*) disminuye el contenido de DQO se realiza con estadística paramétrica utilizando un análisis de varianza.

Figura 46 Homocedasticidad de la DQO por dosis



Fuente: elaboración propia

## **CAPITULO IV**

### **DISCUSION**

El uso de coagulantes naturales en el proceso de simulación de tratamiento del agua proveniente del canal de regadío de Chuquitanta ha mantenido los valores del pH en las muestras de agua analizadas, hallándose en el rango de 6,72 y 7,19 unidades; de igual modo los valores de la temperatura se encontraron en el rango de 21,9 y 23,7 °C; lo cual está de acuerdo con lo dicho por Villabona A. (2013). Además de cumplir con el Estándar de Calidad Ambiental (pH= 6,5 - 8,5 y Temperatura=Δ3°C) dispuesto en el D.S. 004-2017-MINAN. Por otro lado en la TABLAS N° 25 y 39 se muestra que los tratamientos con *Opuntia ficus indica* tienen mejores resultados, pudiéndose utilizar como un coagulante primario, tal como lo indica Olivero R. (2013) quien tras comparar la capacidad de remoción del Sulfato de aluminio y *Opuntia ficus indica*, concluye que ambos coagulantes removieron más del 90% de turbidez y lo reafirma Fuentes L. (2012) logrando remover hasta el 93.90% por lo que concluye que la especie *Opuntia* es efectiva para la clarificación de agua y una alternativa primaria para tratamiento de agua. En el presente estudio se probaron las dosis de 600 y 700 ppm propuestas por Parra Y. (2011) puesto que logró una remoción de 91,82 y 98,34 a partir de la aplicación del coagulante natural extraído de la especie *Opuntia* para la clarificación de aguas con alta turbidez, sin embargo en las TABLAS N° 25 y 39 se puede apreciar que la disminución del contenido de la DBO5 y la DQO es menor a la del investigador, por lo que se probó una siguiente concentración de dosis de 800 mg/l obteniendo mejores resultados (79,5% y 86.11%). Asimismo acerca de estudios realizados a la especie *Aloe Vera* Kopytko M. (2014) analiza la relación entre 56 mg/l de sulfato de aluminio con 5 mg/l de *Aloe Vera* como coagulante en agua de alta turbidez y entre 24 mg/l con 14 mg/l reduciendo con ello el 20% de la dosis de la sustancia química, obteniendo una remoción de 96%. Asimismo Mendoza I. (2014) determino la eficiencia del *Aloe Vera* para la remoción de turbidez en un 90,35% y 93,89%. Los resultados confirman que puede ser utilizado como coadyuvante en la coagulación para tratar el agua. No obstante Nougbo A. (2016) logro una eficiencia de 91% y 72% en la reducción de solidos suspendidos y turbidez, definiendo que el *Aloe Vera* funciona como un buen floculante dentro de un proceso de coagulación. Esto explica porque en la aplicación del tratamiento 3 (*Aloe Vera* L.+ *Opuntia ficus indica*) la eficiencia para



la disminución del contenido de la DBO y la DQO es la mejor en comparación con las demás. Se debe agregar que ambas especies vegetales utilizadas en los tres modelos propuestos de tratamiento de agua con sus diferentes dosis han logrado disminuir el contenido de la DBO<sub>5</sub> y DQO; pudiéndose considerar que esto se debe al gran contenido de mucilago presente en el interior del *Aloe Vera L.* y la *Opuntia ficus indica*, como lo menciona Chun Yang Y. (2010) quien ha atribuido su poder coagulante de la *Opuntia ficus indica* al ácido poligalacturónico, de igual modo Vila R. (2001) considera que el componente activo del *Aloe Vera L.* es el acemanano; ambos son polisacáridos mucilaginosos.

**CAPITULO V**  
**CONCLUSIONES**

Antes del experimento se realizaron los análisis preliminares de la muestra control de las aguas de canal de regadío E-8 Chuquitanta San Martín de Porres, obteniendo los siguientes resultados fisicoquímicos: pH (7,87), temperatura (21.9 °C), turbidez (429 NTU), DBO<sub>5</sub> (65.4 mg/l) y la DQO (833.04 mg/l). Asimismo se validaron los supuestos necesarios para realizar el contraste de las hipótesis planteadas en esta investigación por lo cual se concluye que:

Primero: Los resultados obtenidos demostraron que los coagulantes naturales (*Aloe Vera L.* y *Opuntia ficus indica*) disminuyen el contenido de la DBO<sub>5</sub> y DQO, puesto que estadísticamente con un P\_valor = 0,000 se rechaza H<sub>0</sub>, entonces se afirma que el promedio de todos los tratamientos (T1=*Aloe Vera L.*, T2=*Opuntia ficus indica*, T3=*Aloe Vera L.*+ *Opuntia ficus indica*) y dosis (D1=600 mg/l, D2=700 mg/l, D3=800 mg/l) es menor en comparación con los valores iniciales de la DBO<sub>5</sub>= 65.4 y DQO= 833.04.

Segundo: Con un P\_valor= 0.364 y 0.416 estadísticamente se afirma que los tres modelos de tratamientos aplicados para disminuir el contenido de la DBO<sub>5</sub> y la DQO se encuentran en un mismo nivel, por lo que los tres tratamientos disminuyen igualmente.

Tercero: Con un p\_valor = 0.000 se asegura que las tres dosis aplicadas para disminuir el contenido de la DBO<sub>5</sub> y la DQO en las aguas del canal de regadío E-8 Chuquitanta estadísticamente si muestran diferencias significativas, por lo que se concluye que todas las dosis disminuyen pero al menos una de ellas es mejor para la disminución.

Cuarto: De los resultados obtenidos se demostró que la mejor combinación es el tratamiento 3 (*Aloe Vera L.* + *Opuntia ficus indica*) con la dosis 3 (800 mg/l), logrando una eficiencia del 80.64% ( $\mu=12.63$  mg/l) y 90.11% ( $\mu=82.35$  mg/l) en la disminución del contenido de la DBO<sub>5</sub> y la DQO respectivamente.

Quinto: Se demostró que en los tratamientos (T1=*Aloe Vera L.*, T2=*Opuntia ficus indica* y T3=*Aloe Vera L.*+ *Opuntia ficus indica*), la concentración de las dosis (D1=600 mg/l, D2=700 mg/l, D3=800 mg/l) influye directamente en la disminución de contenido de la DBO<sub>5</sub> y DQO, es decir la disminución es directamente proporcional a la concentración de la dosis del coagulante natural aplicada.

## **CAPITULO VI**

### **RECOMENDACIONES**

En relación a los resultados obtenidos en la investigación se recomienda lo siguiente:

- 1.- Evaluar la relación entre Coagulante – Floculante de la *Opuntia ficus indica* y el *Aloe Vera L.* en diferentes concentraciones de dosis y porcentajes, para la disminución del contenido de la DBO<sub>5</sub> y DQO, ya que aunque en este estudio se evaluaron ambas especies en un mismo tratamiento y se obtuvieron los mejores resultados, se debe buscar la dosis optima entre coagulante – floculante.
- 2.- Analizar los parámetros microbiológicos y parasitológicos dispuestos en el D.S. 004-2017-MINAN, puesto que la literatura refiere que el *Aloe Vera L.* y la *Opuntia ficus indica* poseen propiedades antimicrobianas.
- 3.- Considerar los datos obtenidos para futuras investigaciones sobre implementar un sistema de tratamiento con el uso de coagulantes naturales como solución a la problemática de la zona de Chuquitanta, capacitar a además de capacitaciones.

## **CAPITULO VII**

## **REFERENCIAS**

- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, (2014): Cartilla de Fiscalización ambiental en aguas residuales, Lima - Perú.
- Ministerio del Ambiente (Perú). Decreto Supremo N° 004-2017-MINAN: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. Lima, Perú: 2017.
- Dirección General de Salud Ambiental, (2010): Vigilancia y Monitoreo de la Cuenca del Río Chillón y los Niveles de Contaminación del Agua, Lima – Perú.
- NIRMALA, C. y JADHA, M. Enhancing filtrate quality of turbid water incorporating seeds of *strychnos potatorum*, pads of *cactus opuntia* and mucilage extracted from the fruits of *coccinia indica* as coagulants. Journal of Environmental Research and Development. [en línea]. Noviembre 2012, vol. 7, no. 2 [fecha de consulta: 09 Marzo 2017]. Disponible en: <https://www.jerad.org/dispatch.php?vid=862>
- OLIVERO, Rafael, MERCADO, Iván y MONTES, Luz. Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando el mucílago del nopal *Opuntia ficus-indica*. Producción + Limpia [en línea]. Junio 2013, vol. 8, no. 1. [fecha de consulta: 17 Febrero 2016]. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-04552013000100003](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552013000100003)  
ISSN 1909-0455
- VILLABONA, Ángel, PAZ, Isabel y MARTÍNEZ, Jasser. Caracterización de la *Opuntia Ficus-Indica* para su uso como coagulante natural. Revista Colombiana de Biotecnología [en línea]. Junio 2013, vol. 15, no. 1. [fecha de consulta: 19 Febrero 2017]. Disponible en: <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/32768/41988>  
ISSN 1909-8758

- RAMÍREZ, Hildebrando y JARAMILLO, Jhoan. Agentes naturales como alternativa para el tratamiento del agua. Revista Facultad de Ciencias Básicas [en línea]. Julio 2015, vol. 11, no. 2. [fecha de consulta: 19 Febrero 2017]. Disponible en: <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/1303>  
ISSN 1900-4699
- KOPYTKO, María, RUEDA, Eliana y RINCÓN, Yuliana. Application of Natural Product (*Aloe Vera*) in Coagulation-Flocculation Procedures, for Water Treatability Study. International Journal of Engineering Sciences and Innovative Technology [en línea]. Mayo 2014, vol. 3. Disponible en: [http://www.ijesit.com/Volume%203/Issue%203/IJESIT201403\\_58.pdf](http://www.ijesit.com/Volume%203/Issue%203/IJESIT201403_58.pdf) }  
ISSN 2319-5967
- REYES Cubas, Carmen. Estudio de la contaminación de las aguas del río Chillón. Tesis (Maestro en ciencias con mención en minería y medio ambiente). Perú, Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Geológica, Minería y Metalúrgica, 2012. 187p.
- *Aloe barbadensis* como coagulante natural en la potabilización de aguas con baja turbidez por Mendoza I. [et al.]. Venezuela: Memorias I Congreso de ciencias ambientales del núcleo costa oriental del lago y V jornadas del laboratorio de investigaciones ambientales, 2014. 120p.
- Extractos coagulantes naturales de *Hylocereus triangularis*, *Guazuma ulmifolia* y *Moringa oleífera* para el tratamiento de agua cruda del río Sinú por Rodiño J. [et al.]. Revista SciELO - Memorias del II Seminario de Ciencias Ambientales Sue-Caribe & VII Seminario Internacional de Gestión Ambiental [en línea]. 2014, vol. 9, no. 1 [fecha de consulta: 05 Marzo 2017]. Disponible en: [www.scielo.org.co/pdf/pml/v9n1/v9n1a01.pdf](http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v9n1/v9n1a01.pdf)  
ISSN 0375-538X



- Potencial coagulante de la Tuna *Opuntia Cochinellifera* (L.) MILL. (Cactaceae) en aguas para consumo humano por Fuentes Lorena [et al.]. Revista Revicyhluz – Boletín del centro de investigaciones biológicas [en línea]. 2012, vol. 46, no. 2. [fecha de consulta: 05 Marzo 2017]. Disponible en: <http://www.produccioncientifica.luz.edu.ve/index.php/boletin/article/view/3931>  
ISSN 0375-538X
- GOMEZ Puentes, Néstor Alejandro. Remoción de Materia Orgánica por Coagulación – Floculación. Trabajo de Titulación (Ingeniero Químico). Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Química, 2005. 17p.
- ANDIA, Yolanda. Tratamiento de agua: Coagulación-Floculación. Evaluación de Plantas y Desarrollo Tecnológico. (1)17:44, Abril 2000.
- Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales por Rodríguez A. [et al.]. Madrid, España: CEIM - Informe de vigilancia tecnológica. 2006. 18 p.
- MARTÍNEZ, Jasser y GONZÁLES, Luis. Evaluación del poder coagulante de la Tuna (*Opuntia ficus indica*) para la remoción de turbidez y color en aguas crudas. Tesis (Ingeniero Químico). Cartagena, Colombia: Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería, 2012. 45-46p.
- GARCÉS, María. Identificación de los Aminoácidos esenciales para uso medicinal en la sábila (*Aloe Vera*). Tesis (Doctora en Química y Farmacia). Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Químicas, 2004. 1-15p.
- GIL Rodriguez, Manuel. Depuración de aguas residuales: modelización d procesos de lodos activos [en línea]. Madrid: CSIC, 2006 [fecha de consulta: 11 Marzo 2017]. Disponible en: <http://www.digitaliublishing.com/a/18186/depuracion-de-aguas-residuales--modelizacion-de-procesos-de-lodos-activos>  
ISBN 9788400084462

- LOZANO Rivas, Wilian. Calidad fisicoquímica del agua: métodos simplificados para su muestreo y análisis [en línea]. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia, 2013 [fecha de consulta: 11 Marzo 2017]. Disponible en: <http://www.digitaliapublishing.com/a/39191/calidad-fisicoquimica-del-agua---metodos-simplificados-para-su-muestreo-y-analisis>  
ISBN 9789588537658
- Evaluación del proceso de la coagulación para el diseño de una planta potabilizadora por Rodriguez M. [et al]. Umbral Científico [en línea]. 2007, no. 11. [fecha de consulta: 14 Marzo 2017].  
Disponible en: [www.redalyc.org/pdf/304/30401102.pdf](http://www.redalyc.org/pdf/304/30401102.pdf)
- Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I: Teoría por Cánepa Lidia [et al.]. Manual CEPIS/OPS [en línea]. 2004, [fecha de consulta: 15 Marzo 2017]. Disponible en: <http://bibliotecavirtual.minam.gob.pe/biam/handle/minam/623>
- HERNÁNDEZ, R, FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, M. Metodología de la investigación. 5a. ed. México, D.F: McGraw-Hill, 2010.
- Autoridad Nacional del Agua (Perú). Resolución Jefatural N° 182-2011-ANA: Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad en Cuerpos Naturales de Agua Superficial. Lima, Perú: 2011.
- CHUN-YANG, Y. Emerging usage of plant-based coagulants for water and wastewater treatment. Process Biochemistry 45 [en línea]. Mayo 2010, vol. 1. [fecha de consulta: 05 Mayo 2017]. Disponible en: <http://d20uo2axdbh83k.cloudfront.net/20130403/e5f30167f9f6f27e78e4f24b7958d264.pdf>  
ISSN: 1359-5113

- VILA, R. y GUINEA, M. Gel de áloe. Revista de Fitoterapia [en línea]. 2001, vol. 1, no. 4. [fecha de consulta: 05 Mayo 2017]. Disponible en: [www.fitoterapia.net](http://www.fitoterapia.net)
- BABORA, R, FREIRE, R y OLIVERA W. Remoção da Turbidez da Água Usando Aloe Vera como Coagulante Natural [en línea]. 2014, vol. 10, no. 12. [fecha de consulta: 6 Mayo 2017]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/272376497\\_REMOCAO\\_DA\\_TURBIDEZ\\_D\\_A\\_AGUA\\_USANDO\\_ALOE\\_VERA\\_COMO\\_COAGULANTE\\_NATURAL](https://www.researchgate.net/publication/272376497_REMOCAO_DA_TURBIDEZ_D_A_AGUA_USANDO_ALOE_VERA_COMO_COAGULANTE_NATURAL)  
ISSN: 19800827
- Evaluation of Aloe vera leaf gel as a Natural Flocculant: Phytochemical Screening and Turbidity removal Trials of water by Coagulation flocculation por Nougbonde Yéwègnon Alima Esther Irma [et al]. Research Journal of Recent Sciences [en línea]. Enero 2016, no. 1. [fecha de consulta: 9 Mayo 2017]. Disponible en: [www.isca.in/rjrs/archive/v5/i1/2.ISCA-RJRS-2014-1222.pdf](http://www.isca.in/rjrs/archive/v5/i1/2.ISCA-RJRS-2014-1222.pdf)  
ISSN 2277-2502
- CLARIFICACIÓN DE AGUAS DE ALTA TURBIDEZ EMPLEANDO ELMUCÍLAGO DE OPUNTIA WENTIANA (BRITTON & ROSE)/ (CACTACEAE) por Yoselin Parra [et al]. REDIELUZ [en línea]. Junio 2011, no. 1 [fecha de consulta: 14 Mayo 2017]. Disponible en: [www.produccioncientifica.luz.edu.ve/index.php/redieluz/article/view/521/520](http://www.produccioncientifica.luz.edu.ve/index.php/redieluz/article/view/521/520)  
ISSN 2244-7334
- Optimización de Flocculante Natural de Tuna *Opuntia ficus indica* en la clarificación de las aguas superficiales del distrito de Santa Rosa provincia de Pallasca por Pacora Loida [et al.]. Investigación Científica [en línea]. 2011, vol. 1, no. 1. [fecha de consulta: 1 Julio 2017]. Disponible en: <http://es.calameo.com/read/0011969517a0f59e93366>  
ISSN 2225-0794

- POMPILIO, C. Uso de Floculantes de Origen Natural en el Tratamiento de aguas en términos de turbidez en el río Santa – Huaraz. Trabajo de titulación (Ingeniero Ambiental). Huacho – Perú: José Faustino Sánchez Carrión. Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental. 2013. 12 p.
- APAZA, H. 2013. Tratamiento ecológico, una alternativa sustentable para la purificación de aguas contaminadas destinadas al riego de cultivos en Arequipa. [informe de la Universidad Católica Santa María]. Arequipa – Perú: Premio a la Investigación Ambiental. 6 p.
- ALMENDAREZ, N. Comprobación de la efectividad del coagulante (Chochifloc) en aguas del lago de Managua “Piedras Azules” [en línea]. Revista Iberoamericana de Polímeros. Marzo 2004, vol. 5, no. 1. [fecha de consulta: 10 Junio 2017]. Disponible en: <http://www.reviberpol.iibcaudo.com.ve/pdf/MAR04/Almendarez2004.pdf>
- Superintendencia Nacional de Servicio de Saneamiento – SUNASS (2008). Diagnóstico Situacional de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales en las EPS del Perú y Propuestas de Solución. Lima, Perú
- Superintendencia Nacional de Servicio de Saneamiento – SUNASS (2015). Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento. Lima, Perú
- APHA, AWWA y WEF. Standard Methods for the examination of wáter & wastewater. 2005. 21 st edition. ISBN: 0-87353-047-8

## **ANEXOS**

## ANEXO N°1 Matriz de Consistencia metodológica

Formulación del Problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Escala o Unidad	
General			INDEPENDIENTE  Coagulantes Naturales	Coagulantes naturales	Es la concentración del coagulante natural aplicada en los tres tratamientos (T1: Aloe Vera L., T2: Opuntia ficus indica y T3: Aloe Vera L.+ Opuntia ficus indica) a una velocidad y tiempo de agitación que permita la disminución de la DBO5 y DQO.	Especies vegetales	Dosis de Aloe Vera L. y Opuntia ficus indica	mg/L	
¿Los coagulantes naturales (Aloe Vera L. y Opuntia ficus indica) disminuyen el contenido de la DBO <sub>5</sub> y la DQO en aguas del canal de regadío de Chuquitanta, San Martín de Porres 2017?	Determinar si los coagulantes naturales (Aloe Vera L. y Opuntia ficus indica), disminuyen el contenido de la DBO <sub>5</sub> y la DQO en aguas del canal de regadío de Chuquitanta San Martín de Porres 2017.	Los coagulantes naturales (Aloe Vera L. y Opuntia ficus indica), si disminuyen el contenido de la DBO <sub>5</sub> y la DQO en las aguas del canal de regadío de Chuquitanta, San Martín de Porres 2017.		Son extraídos de especies vegetales para ser utilizados como alternativa en los procesos de tratamientos de agua con el fin de disminuir el consumo en parte o total de los coagulantes químicos. (RODRÍGUEZ J. 2007)		Velocidad y tiempo de agitación	Tiempo de agitación rápida y lenta	rpm	
Específicos									
E <sub>1</sub> : ¿Cuál de los tres tratamientos (Aloe Vera L., Opuntia ficus indica y Aloe Vera L.+ Opuntia ficus indica) disminuyen el contenido de la DBO5 y la DQO en las aguas del canal de regadío E-8 Chuquitanta S.M.P. 2017?	E <sub>1</sub> : Determinar cuál de los tres tratamientos (Aloe Vera L., Opuntia ficus indica y Aloe Vera L.+ Opuntia ficus indica) disminuyen el contenido de la DBO5 y la DQO en las aguas del canal de regadío E-8 Chuquitanta S.M.P. 2017.	E <sub>1</sub> : Los tres tratamientos (Aloe Vera L., Opuntia ficus indica y Aloe Vera L.+ Opuntia ficus indica) si disminuyen el contenido de la DBO5 y la DQO en las aguas del canal de regadío E-8 Chuquitanta S.M.P. 2017.	DEPENDIENTE  Disminución de la DBO <sub>5</sub> y la DQO	DBO: Demanda bioquímica de Oxígeno.		Propiedades fisicoquímicas	Concentración Inicial y Final de:	Unidad de pH	
				DQO: Demanda Química de Oxígeno			pH	Temperatura	°C
				Se expresa como la disminución de la DBO5 Y DQO (GIL M. 2006)	Son las propiedades fisicoquímicas, es decir las características del agua del canal de regadío E-8 de Chuquitanta evaluadas antes y después de la aplicación de los coagulantes naturales para determinar la eficiencia de la disminución de la DBO5 y la DQO.		Turbidez	DBO <sub>5</sub>	UNT
E <sub>2</sub> : ¿Cuál de las tres dosis (600, 700 y 800 mg/l) aplicadas disminuye el contenido de la DBO5 y la DQO en las aguas del canal de regadío E-8 Chuquitanta S.M.P. 2017?	E <sub>2</sub> : Determinar cuál de las tres dosis (600, 700 y 800 mg/l) aplicada disminuyen el contenido de la DBO5 y la DQO en las aguas del canal de regadío E-8 Chuquitanta S.M.P. 2017.	E <sub>2</sub> : De las tres dosis (600, 700 y 800 mg/l) aplicadas al menos una disminuye el contenido de la DBO5 y la DQO en las aguas del canal de regadío E-8 Chuquitanta S.M.P. 2017.					DQO	mg/l	
E <sub>3</sub> ¿Qué combinación entre tratamiento (Aloe Vera L., Opuntia ficus indica y Aloe Vera L.+ Opuntia ficus indica) y dosis (600, 700 y 800 mg/l) logra mayor eficiencia para la disminución del contenido de la DBO5 y la DQO en las aguas del canal de regadío E-8 Chuquitanta S.M.P. 2017?	E <sub>3</sub> Determinar la combinación entre tratamiento (Aloe Vera L., Opuntia ficus indica y Aloe Vera L.+ Opuntia ficus indica) y dosis (600, 700 y 800 mg/l) que logra mayor eficiencia para la disminución del contenido de la DBO5 y la DQO en las aguas del canal de regadío E-8 Chuquitanta S.M.P. 2017.	E <sub>3</sub> La combinación más eficiente es entre tratamiento 3 (Aloe Vera L.+ Opuntia ficus indica) y dosis 3 (800 mg/l) para la disminución del contenido de la DBO5 y la DQO en las aguas del canal de regadío E-8 Chuquitanta S.M.P. 2017.				Eficiencia	$\frac{Conc. \; incial - Conc. \; final}{Conc. \; incial} \times 100$	%	

## ANEXO N°2 Constancia de Taxonomía de *Opuntia ficus indica* (L).



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA  
MUSEO DE HISTORIA NATURAL



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

### CONSTANCIA N°84 - USM-2017

EL JEFE DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM) DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, DEJA CONSTANCIA QUE:

La muestra vegetal (planta completa), recibida de **Kriss RAZURI MALQUI**, estudiante de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Cesar Vallejo; ha sido estudiada y clasificada como: ***Opuntia ficus indica* (L.) Mill.** y tiene la siguiente posición taxonómica, según el Sistema de Clasificación de Cronquist (1988):

**DIVISION:** MAGNOLIOPHYTA

**CLASE:** MAGNOLIOPSIDA

**ORDEN:** CARYOPHYLLALES

**FAMILIA:** CACTACEAE

**GENERO:** *Opuntia*

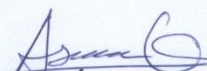
**ESPECIE:** *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.

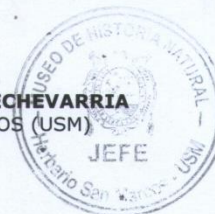
Nombre vulgar: "penca de tuna"

Determinada por: Dra. Mónica Arakaki M.

Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada, para fines de estudios.

Lima, 12 de mayo de 2017

  
**Mag. ASUNCIÓN A. CANO ECHEVARRÍA**  
JEFE DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM)



ACE/ddb

## ANEXO N°3 Constancia de Taxonomía de *Aloe Vera* (L) Burn.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA  
MUSEO DE HISTORIA NATURAL



"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

### CONSTANCIA N°084-USM-2017

EL JEFE DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM) DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, DEJA CONSTANCIA QUE:

La muestra vegetal (hojas) recibida de **Kriss RAZURI MALQUI**, estudiante de la Facultad de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Cesar Vallejo; ha sido estudiada y clasificada como: ***Aloe vera*** (L) Burn. y tiene la siguiente posición taxonómica, según el Sistema de Clasificación de Cronquist (1988).

**DIVISION: MAGNOLIOPHYTA**

**CLASE: LILIOPSIDA**

**SUBCLASE: LILIIDAE**

**ORDEN: LILIALES**

**FAMILIA: LILIACEAE**

**GENERO: *Aloe***

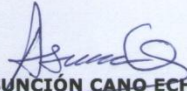
**ESPECIE: *Aloe vera*** (L) Burn.

Nombre vulgar: "Aloe vera"

Determinado por Mg. María Isabel La Torre Acuy.

Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada, para fines de estudios.

Lima, 10 de mayo de 2017

  
**Mag. ASUNCIÓN CANO ECHEVARRÍA**  
JEFE DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM)



ACE/ddb

Av. Arenales 1256, Jesús María  
Apdo. 14-0434, Lima 14, Perú

Teléfono: (511) 471-0117, 470-4471  
265-6819, 619-7000 anexo 5703

e-mail: museohn@unmsm.edu.pe  
<http://museohn.unmsm.edu.pe>



## ANEXO N°4 Constancia de informe de resultados A



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### INFORME DE RESULTADOS

**MUESTRA:** AGUAS DEL CANAL DE REGADÍO E-8 CHUQUITANTA SAN MARTIN DE PORRES

**ASESOR:** Mg. RITA JAQUELINE CABELLO TORRES

**TESISTA:** KRISS ESTEFANY RAZURI MALQUI

#### **PARÁMETROS ANALIZADOS:**

- pH
- Temperatura
- Turbiedad
- DBO<sub>5</sub>
- DQO

#### **TESIS:**

**“DISMINUCIÓN DEL CONTENIDO DBO<sub>5</sub> Y DQO MEDIANTE COAGULANTES NATURALES (*Aloe Vera L.* y *Opuntia Ficus Indica*) EN LAS AGUAS DEL CANAL DE REGADÍO E-8 CHUQUITANTA – SAN MARTÍN DE PORRES”**

GRUPO CONTROL	DBO5 mg/l	DQO mg/l	pH	T °C	TURBIEDAD NTU
	65.4	833.04	7,87	21,9	429

TRATAMIENTOS	DBO5 mg/l	DQO mg/l	pH	T °C	TURBIEDAD NTU
T1A-6	25.2	465.7	6.89	22.6	20.9
T1B-6	21.72	432.3	6.9	22.9	20.8
T2A-6	21.24	415.7	6.86	22.9	15.4
T2B-6	19.02	405.7	6.82	22.7	15.5
T3A-6	18.84	342.3	6.75	23.1	13.5
T3B-6	18.48	269.0	6.72	23.4	13.2

# ANEXO N°5 Constancia de informe de resultados B



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

TRATAMIENTOS	DBO5 mg/l	DQO mg/l	pH	T °C	TURBIEDAD NTU
T1A-7	17.64	259.0	7.08	22.9	12.8
T1B-7	17.52	255.7	7.01	22.7	11.9
T2A-7	17.52	202.3	7.03	23.1	10.5
T2B-7	16.98	185.7	6.94	23.7	10
T3A-7	16.2	179.0	6.98	23.5	10
T3B-7	15.42	162.3	6.92	23	10.1

TRATAMIENTOS	DBO5 mg/l	DQO mg/l	pH	T °C	TURBIEDAD NTU
T1A-8	15.06	152.3	7.19	22.9	9.4
T1B-8	14.28	149.0	7.15	22.9	9
T2A-8	13.62	132.3	7.11	21.9	8.5
T2B-8	13.2	99.0	7.05	22	8.9
T3A-8	12.84	89.0	7.05	23	6.2
T3B-8	12.48	75.7	6.97	22.8	6.9

Qco. Alexander Quintana Paetan

Profesor de Laboratorio

Hiter Román Perez

Encargado de laboratorio